Beschränkt f. d. Dienstgebr.

Aus dem Röntgeninstitut (Vorstand: Dr. med. habil. A. Kohler) der
Chirurgischen Universitätsklinik (Direktor: Prof. Dr. G. Magnus) in München

Untersuchungen über das tomographische Bild

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
in der gesamten Medizin

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt

von

Maximilian Pöschl

aus München

MÜNCHEN 1940

GEORG THIEME / VERLAG / LEIPZIG

Referent: Oberarzt Dr. med. habil. A. Kohler

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Diese Arbeit erschien in Band 62, Heft 1 (Jahrgang 1940), der „Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen"
Verlag von Georg Thieme, Leipzig

Einteilung

Einleitung.

A. Schichtdicke.
Entwicklung der Formel.
1. Abhängigkeit von r (Abstand Fokus-Drehachse).
2. Abhängigkeit von r_u (Abstand Drehachse-Film).
3. Abhängigkeit von φ (Pendelwinkel).
4. Abhängigkeit von e (seitlicher Abstand vom Drehmittelpunkt M).
Versuche.

B. Verwischung.
1. Breite des Störschattens.
2. Länge des Störschattens.
a) Abhängigkeit von $\pm a$ (Abstand von der Schnittebene).
b) Abhängigkeit von r.
c) Abhängigkeit von r_u.
d) Abhängigkeit von φ.
3. Vergleichende Betrachtung.
4. Untersuchungen über die Aufspaltung des Störschattens bei Verwendung von Wechselstrom.

C. Das Schichtbild als Ganzes.
1. Verwischung-Schichtdicke-Kontrast.
2. Tomographisches Bild und Röntgenphotogrammetrie.
3. Bildschärfe und Struktur.

D. Technik des Schädelschnittes mit Erörterungen über die Nomenklatur der Schnittarten.
1. Einstellung des Objektes.
a) Geeignete Wahl der Pendelrichtung.
b) Geeignete Lage des Objektes.
2. Art und Weise der Ausführung des Schnittes.

Zusammenfassung.

Trotz der erfreulichen und allgemein anerkannten Leistungen des Röntgenschichtaufnahmeverfahrens auf dem Gebiete der Lungendiagnostik ist das Urteil über die Leistungsfähigkeit der gleichartigen Schädeldarstellung nicht einheitlich. Zunächst schien sich durch diese Methode eine Möglichkeit zu eröffnen besonders in der Untersuchung der großen räumlichen Gebilde durch die Ausschaltung störender Überlagerungen vorwärtszukommen. Die ersten Arbeiten sprachen sich

auch günstig über die Brauchbarkeit des Schnitt- bzw. Schichtverfahrens in der Schädeldiagnostik aus (Bartelink, Ziedses des Plantes, Bozzetti, Großmann-Chaoul). Die Erwartungen erfüllten sich jedoch nicht in dem erhofften Ausmaß. Trotz zahlreicher Demonstrationen auf Kongressen (Kongreß der Deutschen Röntgen-Gesellschaft 1935, 1936, 1937, 1938) sind größere Arbeiten über die Schnittdarstellung des Schädels — mit Ausnahme der erst kürzlich von Wüst veröffentlichten — bis jetzt nicht erschienen. Bei der Kritik der gezeigten Bilder sind die Skelettaufnahmen von denen am lebenden Objekt zu trennen, da gute Skelettbilder noch lange nicht für gute Bilder am vollständigen Objekte bürgen. Für die Schädelschnittaufnahmen gilt dies in besonderem Maße, da ein zusätzlicher Schattenüberzug, durch Weichteile und Halswirbelsäule hervorgerufen, die an und für sich verminderten Kontraste merklich herabsetzt. Die Beurteilung der Schichtbilder allein mittels des Schrifttums wird im allgemeinen dadurch nachteilhaft beeinflußt, daß die im Druck meist als Positive wiedergegebenen Bilder wegen ihrer flacheren Gradation die dargestellte Schicht von der Verwischung weniger gut trennen lassen als am Negativ.

In unserem Institut wird nun schon seit 4 Jahren mit einem Tomographen der Firma „Sanitas" gearbeitet. Die Zahl der bisher angefertigten Schädelaufnahmen übersteigt 1000. Und zwar handelt es sich vorwiegend um das Material einer chirurgischen Klinik. Otologische Fälle begegneten uns nur vereinzelt. Die strahlentherapeutische Abteilung stellte mit ihren Tumorfällen den Hauptanteil. Einzelne Bilder des Jahres 1936 wurden von Kohler schon am Kongreß der Deutschen Röntgen-Gesellschaft zu Breslau (1937) gezeigt.

Das Prinzip der Tomographie setze ich als bekannt voraus und verweise auf die Arbeiten von Großmann („Tomographie I und II", Fschr. Röntgenstr. 51). Auf 2 Eigenheiten der Tomographie empfiehlt es sich jedoch näher einzugehen, da sie das Wesen des Verfahrens betreffen und praktisch für die Wahl der Aufnahmetechnik von Bedeutung sind.

Es handelt sich

A. um die Dicke der dargestellten Schicht,
B. um die Verwischung der außerhalb der Schichtebene gelegenen Objekte.

Ich habe diese Aufgabe rechnerisch[1]) untersucht, da nur auf diese Weise das grundlegende Verständnis für die hier zu erörternden Beziehungen gewonnen wird. Einzelne Versuche belegen die gewonnenen Erkenntnisse.

A. Die Schichtdicke

Beim Vorgang des Tomographierens projizieren sich die Punkte der Schnittebene immer auf den gleichen Punkt des Filmes. Nur sie erleiden keine Verschiebung. Punkte können aber als Fiktion der ebenen Geometrie kein photographisches Bild liefern. Hierzu ist eine Räumlichkeit notwendig. Oberhalb und unterhalb der Schnittebene erleiden alle Punkte eine Verschiebung in zunehmendem Ausmaße. Es handelt sich nun festzustellen, wie groß diese Verschiebung sein darf, um noch innerhalb des Auflösungsvermögens des menschlichen Auges zu liegen. Physiologisch-photographische Untersuchungen von Weber und Brezina haben ergeben, daß als Grenze der zulässigen Verschiebung des Objektes während der Belichtung 0,2 mm gilt (bei Objekt-Filmabstand von 8 cm und Fokus-Filmabstand von 60 cm). Alle Verschiebungen darüber hinaus werden vom Auge bereits als Unschärfe am Röntgenbild bemerkt. Der Objektbewegung von 0,2 mm entspricht unter den oben angeführten Bedingungen eine Verschiebung des Projektionsbildes von 0,227 mm. Ich habe diese Zahl auf 0,2 mm abgerundet und sie den folgenden Berechnungen zugrunde gelegt.

Es gilt die Begrenzung des Raumes festzustellen, der alle jene Punkte enthält, die der Schnittebene so weit benachbart sind, daß sie am Film während der Pendelung nicht weiter als 0,2 mm verschoben werden. Mit der Höhe dieses Raumes ist die Schichtdicke gegeben. Für die Berechnung

[1]) Die in den Tabellen aufgeführten Zahlen wurden logarithmisch unter Verwendung einer sechs- und siebenstelligen Logarithmentafel ermittelt.

und geometrische Darstellung genügt es, die Ebene des Zentralstrahles, die in Pendelrichtung durch die Drehachse mit dem Mittelpunkt M geht, herauszugreifen.

Zunächst ermittelt man auf der Filmebene die Bildpunkte M'_A und M'_E in der Anfangs- und Endstellung des Fokus beim Pendelvorgang. Sodann trägt man von diesen beiden Punkten nach beiden Seiten 0,2 mm ab. Die Abtragung hat nach beiden Richtungen zu erfolgen, weil jene Punkte, die oberhalb der Schnittebene liegen, nach der einen Seite, und jene, die unterhalb der Schnittebene liegen, nach der anderen Seite hin verwischt werden. Die Unschärfe betrifft jene Ränder, welche nach der Anfangs- und Endstellung der Röhre zugekehrt sind. Die so erhaltenen Punkte werden mit dem Fokus in seiner Anfangs- und Endstellung verbunden. Durch Überschneidung der Linien entsteht um den Punkt M der Schnittebene herum eine Raute. Sie muß alle jene auf M bezogenen Punkte enthalten, deren Projektion am Film während der Röhrenbewegung nicht weiter wandert als 0,2 mm. Die Höhe (h) der Raute (Schichtdicke) kann unter Einsatz der am Gerät bekannten Maße errechnet werden.

Folgende Größen sind am Apparat gegeben und nach Bedarf veränderlich:

1. Abstand Fokus-Drehachse (r).
2. Abstand Drehpunkt-Film (r_u).
3. Pendel- (Dreh-)Winkel (φ).

Es soll untersucht werden, welchen Einfluß auf die Schichtdicke (h) Änderungen dieser 3 Bedingungen ausüben.

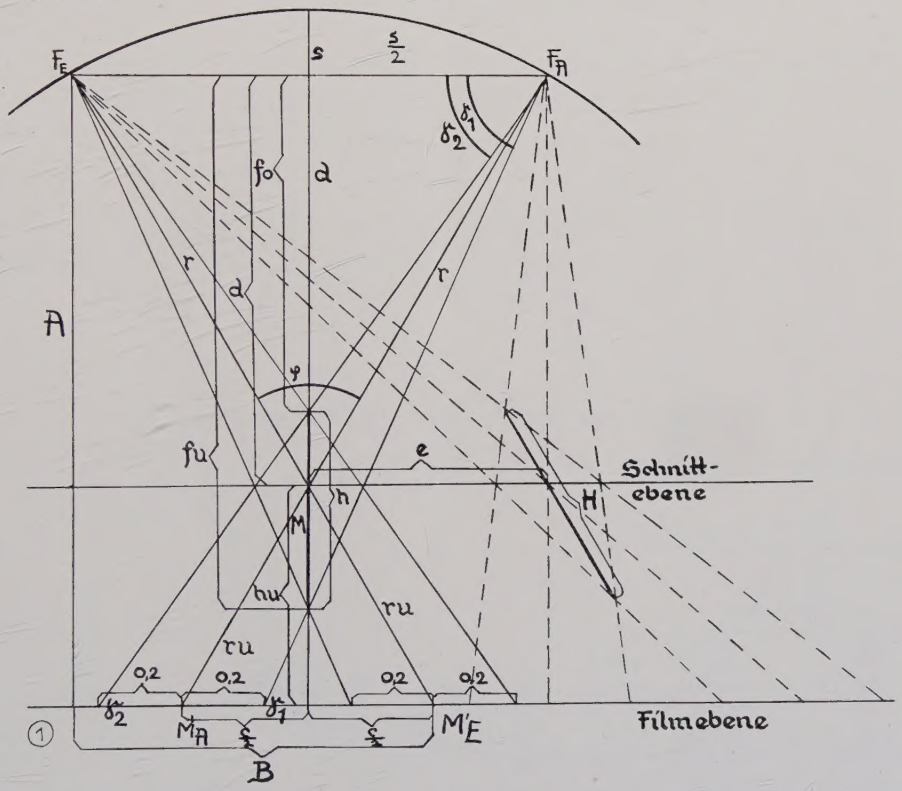


Abb. 1. Schema für die Berechnung der Schichtdicke. Die Raute, welche durch Überschneidung der Linien um M herum entsteht, enthält alle Punkte, welche am Film während des Tomographierens nicht weiter als 0,2 mm verschoben werden. Die Höhe (h) der Raute gibt die Schichtdicke an. Nach der Seite zu erleiden die Rauten zunehmend mit Vergrößerung ihres Abstandes (e) von der Mitte eine Schrägstellung und damit verbunden eine geringgradige Vergrößerung ihrer Höhe (H).

F_A = Ausgangsstellung des Fokus

F_E = Endstellung des Fokus

M = Punkt der Drehebene im Zentralstrahl

φ = Pendelwinkel

$$\frac{s}{2} = r \sin \frac{\varphi}{2}$$

$$d = r \cos \frac{\varphi}{2}$$

$$\frac{c}{2} = r_u \sin \frac{\varphi}{2}$$

$$h_u = r_u \cos \frac{\varphi}{2}$$

$$A = h_u + d = \cos \frac{\varphi}{2} (r_u + r)$$

$$B = \frac{s}{2} + \frac{c}{2} = \sin \frac{\varphi}{2} (r_u + r)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{A}{B - 0{,}2} = \frac{\cos \frac{\varphi}{2} (r_u + r)}{\sin \frac{\varphi}{2} (r_u + r) - 0{,}2}$$

$$\operatorname{tg} \gamma_2 = \frac{A}{B + 0{,}2} = \frac{\cos \frac{\varphi}{2} (r_u + r)}{\sin \frac{\varphi}{2} (r_u + r) + 0{,}2}$$

$$f_u = r \sin \frac{\varphi}{2} \operatorname{tg} \gamma_1; \quad f_0 = r \sin \frac{\varphi}{2} \operatorname{tg} \gamma_2$$

$$h = f_u - f_0$$

$$\boxed{h = r \sin \frac{\varphi}{2} \operatorname{tg} \gamma_1 - r \sin \frac{\varphi}{2} \operatorname{tg} \gamma_2}$$

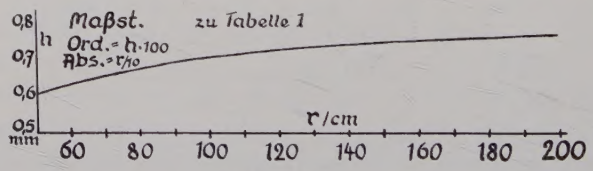
oder $$h = \frac{r \sin \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\varphi}{2} (r_u + r)}{\sin \frac{\varphi}{2} (r_u + r) - 0{,}2} - \frac{r \sin \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\varphi}{2} (r_u + r)}{\sin \frac{\varphi}{2} (r_u + r) + 0{,}2}.$$

1. Änderungen des Abstandes Fokus-Drehachse (r)

Voraussetzung: $r_u = 200$ mm, $\varphi = 50°$.

Tabelle 1

r	h
in Millimetern	
500	0,614
600	0,640
700	0,666
800	0,686
900	0,702
1000	0,715
1100	0,725
1200	0,735
1500	0,756
2000	0,780



Beeinflussung der Schichtdicke (h) durch Änderung des Abstandes Fokus–Drehachse (r).

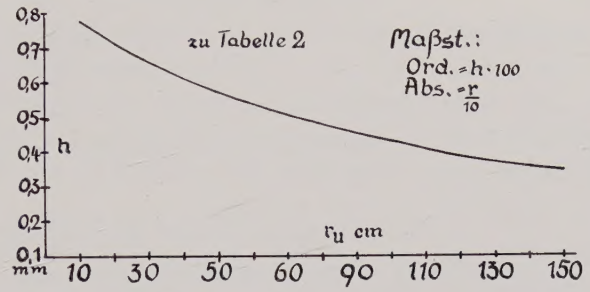
Mit Vergrößerung von r wird die Schichtdicke größer. Die Kurve ist aber relativ sehr flach. Bei den niedrigen Werten von r ist die Krümmung etwas stärker, allmählich erfolgt Annäherung an eine Gerade. Im Bereich der praktisch anwendbaren Variationen von r (0,6—1,2 m) nimmt die Schichtdicke etwa 0,1 mm zu (0,64—0,735 mm).

2. Änderung des Abstandes Drehachse-Film (r_u)

Voraussetzung: $r = 1000$, $\varphi = 50°$.

Tabelle 2

r_u	h
in Millimetern	
100	0,78
150	0,75
200	0,72
250	0,69
300	0,66
500	0,57
700	0,51
1000	0,43
1500	0,35



Beeinflussung der Schichtdicke (h) durch Änderung des Abstandes Drehachse–Film (r_u).

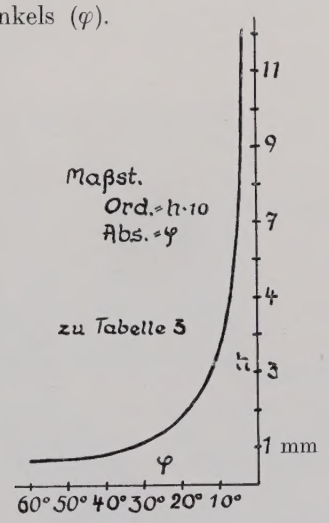
Je größer r_u wird, desto kleiner wird h. Die Kurve ist etwas steiler als die vorige und steigt in entgegengesetzter Richtung an. Vergrößert man r_u von 100 mm auf 300 mm, so vermindert sich die Schichtdicke um 0,12 mm (0,66—0,78 mm).

3. Änderung des Pendelwinkels (φ).

Voraussetzung: $r = 900$ mm, $r_u = 200$ mm.

Tabelle 3

	h in Millimetern
2°	18,76
4°	9,39
10°	3,73
20°	1,86
30°	1,22
40°	0,85
50°	0,716



Beeinflussung der Schichtdicke (h) durch Änderung des Pendelwinkels (φ).

Die Schichtdicke wird also mit zunehmendem Pendelwinkel kleiner. Zwischen 40° und 10° beschreibt die Kurve einen scharfen Bogen. Winkel, die größer sind als 40°, verändern die Schichtdicke unbedeutend, kleinere dagegen bewirken schnell ihre Zunahme. Bei ganz kleinen Winkeln

erreicht das Schnittbild eine gewisse Ähnlichkeit mit einem verwackelten Summationsbild. Der größte praktisch anwendbare und am häufigsten gebrauchte Winkel von 50° liefert unter den zugrunde gelegten Voraussetzungen eine Schichtdicke von 0,72 mm, der von 30° eine solche von 1,22 mm. Die Dickenunterschiede sind also nur sehr gering. Für die diagnostische Erfassung einer größeren Tiefe spielt daher die Einstellung einer dickeren Schicht praktisch keine Rolle. Die in der Praxis bevorzugte Anwendung großer Pendelwinkel zur Erzielung guter Bilder scheint also weniger durch die Erreichung einer dünneren Schicht begründet zu sein, als durch den noch zu erörternden Zusammenhang von Störschattenausdehnung und Kontrast.

4. Auf die Schichtdicke hat in geringem Umfang auch der Abstand vom Mittelpunkt M der Drehachse einen Einfluß

Die obige Formel gilt nur für den Punkt M, welcher in der Drehachse und in der Ebene des Zentralstrahles liegt. Bei allen anderen Punkten der Drehebene ergibt die Konstruktion eine schräggestellte Raute, deren Längsachse (H) auf die Mitte der Sehne s zielt (Abb. 1, Zeichnung!). Diese

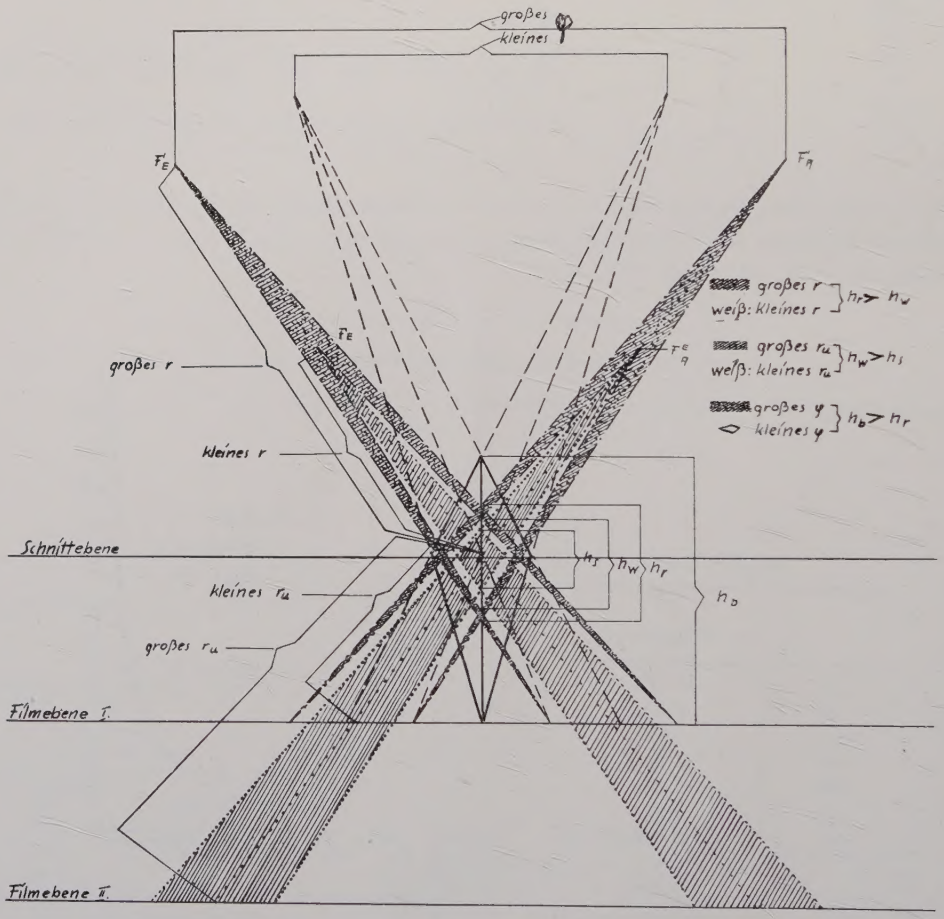


Abb. 2. Zeichnung zur Veranschaulichung, nach welcher Richtung (Vergrößerung oder Verkleinerung) die Schichtdicke durch Änderung der Abstände und des Pendelwinkels beeinflußt wird. Die analog Abb. 1 durch Überschneidung um M herum entstehenden Rauten werden mit relativ großem und kleinem r, r_u, φ ineinandergezeichnet und die Rautengrößen bzw. Höhen miteinander verglichen. Die Höhen h_s, h_w, h_r, h_b der verschiedenen Rauten stellen die Schichtdicken dar.

Längsachse gibt die Schichtdicke an. Sie ist größer als h und in ihrer Größe abhängig von der Entfernung (e) vom Drehmittelpunkt M. Die Berechnung ergibt unter der Voraussetzung $h = 0{,}7$ mm, daß bei einem Abstande von 5 cm vom Drehmittelpunkt M die Schichtdicke um 1,4 μ zunimmt. Gleichzeitig geht aus dieser Schrägstellung der Raute hervor, daß das Schichtbild theoretisch nicht vollständig einem histologischen Schnitte gleicht, sondern genau so wie das Summationsbild in seiner Struktur in sich selbst verzerrt ist. Das Strukturbild entsteht geometrisch ausgedrückt nicht durch Summation senkrecht hintereinanderliegender Punkte, sondern durch Summation von Punkten, die auf den Mittelpunkt der Sehne s ausgerichtet sind. Im Mittelpunkte M stehen diese Punkte senkrecht zur Filmebene hintereinander. Praktisch ist diese Erscheinung bedeutungslos.

Fassen wir kurz die Ergebnisse der einzelnen Berechnungen zusammen:

1. Mit einer Vergrößerung des Abstandes Fokus-Drehachse nimmt die Schichtdicke zu.
2. Mit einer Vergrößerung des Abstandes Drehachse-Film nimmt die Schichtdicke ab.
3. Mit einer Vergrößerung des Pendelwinkels nimmt die Schichtdicke zu.

Die Zeichnung auf Abb. 2 veranschaulicht diese Beziehungen konstruktiv.

Versuche zur Prüfung der Schichtdicke

Schnitte durch ein engmaschiges, schräg zur Pendelebene gestelltes Drahtgitter.

1. Drahtdicke 0,5 mm, Maschenweite 2,3 mm, Neigungswinkel des Gitters zur Schnittebene 15°. Einstellung des Apparates: $r = 1000$ mm, $r_u = 200$ mm, $\varphi = 50°$. Bei diesem Schnitt wurden 2 Drähte scharf abgebildet (Abb. 3a). Die Schicht umfaßt also mindestens den Höhenunterschied dieser beiden Drähte. Dieser beträgt, wie die Rechnung ergibt, 0,85 mm. Die Grenze der Schicht kann hier liegen, sie kann sich aber auch innerhalb des Maschenraumes, der sich nach oben und unten gegen die verwischten Drähte zu anschließt, befinden. Nehmen wir an, daß sie sich in der Mitte dieser beiden Maschenräume befindet, so bekommen wir eine obere Grenze der Schichtdicke von 1,44 mm.

Die bei diesem Schnitt zustande gekommene Schicht besitzt demnach eine Dicke, die zwischen 0,85 und 1,44 mm liegt. Zeichnung auf Abb. 4 veranschaulicht die Rechnung.

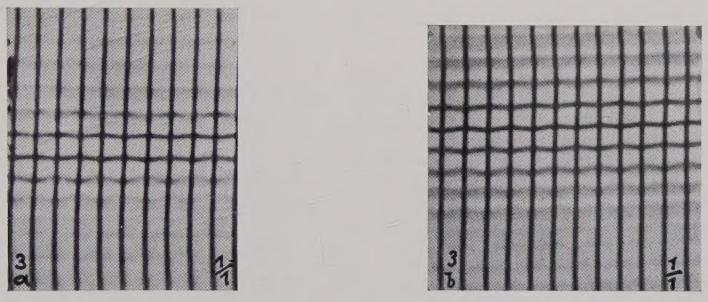


Abb. 3a und 3b. Tomographische Schnitte durch ein engmaschiges Drahtgitter. Neigung zur Schnittebene 15°. Pendelwinkel bei 3a: $\varphi = 50°$; Pendelwinkel bei 3b: $\varphi = 30°$. Bei 3a werden 2 Drähte und bei 3b drei Drähte scharf abgebildet. Die Schicht wurde also bei Anwendung des größeren Pendelwinkels deutlich dicker.

2. Der Pendelwinkel wurde auf 30° verkleinert. Sonst gleiche Versuchsbedingungen. Es wurden 3 Drähte scharf abgebildet (Abb. 3b). Wenn wir auf die gleiche Weise wie vorhin die Dicke der Schicht ermitteln, so kommen wir auf eine untere Grenze von 1,59 mm und auf eine obere Grenze von 2,17 mm. Die Schicht ist also durch Verkleinerung des Pendelwinkels dicker geworden. Die untere Grenze der an beiden Drahtgitterschnitten ermittelten Werte kommt ziemlich nahe an die rechnerisch gewonnenen Werte heran:

Pendelwinkel	Untere Grenze von h am Versuch	Rechnerisch ermitteltes h
50°	0,85 mm	0,72 mm
30°	1,59 mm	1,22 mm

Ähnliche Prüfungen der Schichtdicke am Drahtgitter hat Wüst angestellt. Seine Ergebnisse stimmen mit den unsrigen überein. Es dürfte also bewiesen sein, daß es sich bei der Schichtdicke am Tomogramm tatsächlich um so kleine Werte handelt, wie die Rechnung ergibt. Wenn man berücksichtigt, daß kleine Unschärfen der Randpartien des Schnittes, etwa bis zu einer Verschiebung von 1,0—1,5 mm, am Bild noch beurteilt werden können, so kommen wir rechnerisch auf eine beurteilbare Schichtdicke von 5 mm. Damit deckt sich die bei uns in der diagnostischen Anwendung der Tomographie gemachte Erfahrung, daß ein Defekt mindestens die Größe einer Erbse haben muß, um ihn erkennen zu können. Für diese untere Grenze der Darstellbarkeit eines Defektes sind in der Hauptsache die Kontrastverhältnisse maßgebend. Tabelle 4 bringt die durch Rechnung ermittelten Dicken jener Schichten, deren Punkte eine Verschiebung (gl) von 0,5—5,0 mm erfahren (Voraussetzung: $r = 1000$ mm, $r_u = 200$ mm, $\varphi = 50°$).

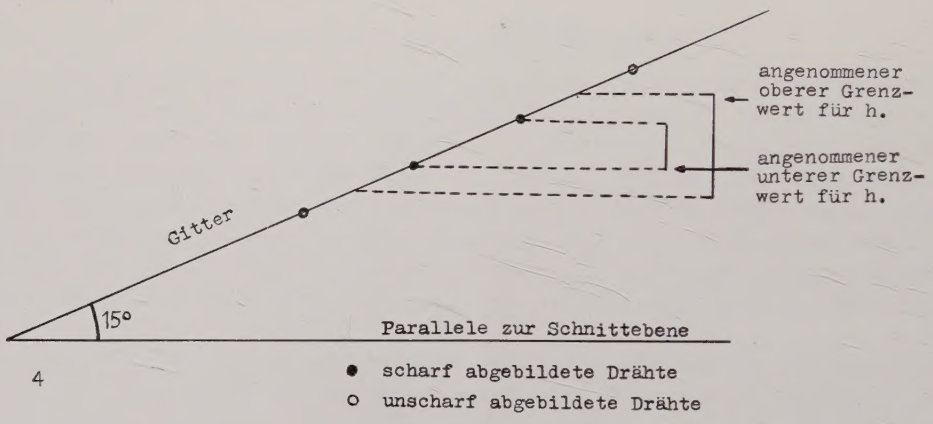


Abb. 4. Schema zur Veranschaulichung der Berechnung der Schichtdicke am Schnitt durch die Drahtgitter.

Tabelle 4

gl	h
in Millimetern	
0,5	1,79
0,7	2,52
1,0	3,58
1,2	4,29
1,5	5,36
2,0	7,15
3,0	10,74
5,0	17,87

B. Verwischung der außerhalb der Schnittebene liegenden Objektpunkte

Die Größe der Verwischung eines Objektschattens ist maßgebend für die Dichte des Störschattens am Film. Je größer die Fläche ist, die der verwischte Schatten einnimmt, desto schwächer wird die Verdichtung werden, die er verursacht und desto besser wird der Kontrast mit der dichteren, scharf abgebildeten Schicht. Beim Tomographen erfolgt die Verwischung nur in einer

Richtung, und zwar in der Pendelrichtung. In dieser Richtung werden die Ruheschatten auseinandergezogen, quer dazu bleibt das Ausmaß des Ruheschattens unverändert. Das Produkt beider Schattenlängen liefert die Fläche des Störschattens .Das Verhältnis der Fläche des Störschattens zu der des Ruheschattens $\left(\frac{F_v}{F_r} = g\right)$ wird von Großmann als geometrischer Verwischungsgrad (g) bezeichnet. Zur vorteilhaften Verwischung ist es also nötig, eine möglichst große Verwischungsfläche zu erzielen. Es muß demnach nach Bedingungen gesucht werden, unter denen Länge (gl) und Breite (gb) des Verwischungsschattens möglichst groß werden.

1. Die größte Breite wird dadurch erreicht, daß das Objekt mit seiner Längsachse quer zur Pendelrichtung gestellt wird (= Pendelung in der Vorzugsrichtung). Alle anderen Stellungen der Längsachse erzielen kleinere Störschattenflächen, da nicht die größte erzielbare Breite des Störschattens ausgenutzt wird (s. Zeichnung, Abb. 5).

Schnittbilder von gekanteten Knochenstückchen, aus denen schmale Fenster gesägt wurden, lassen erkennen, wie diese Defekte bei der Pendelung in der Vorzugsrichtung wesentlich besser hervortreten als bei Pendelung in ihrer Längsrichtung (Abb. 6a—d).

Die gleiche Erscheinung kann man auch an den Schnitten durch die Drahtgitter (Abb. 3a und 3b) beobachten. Während die quer zur Pendelrichtung stehenden Drähte mit Ausnahme derjenigen, welche direkt in der Schicht liegen, bis zur Unkenntlichkeit verwischt wurden, scheinen die längsgerichteten Drähte selbst aus großer Tiefe noch deutlich durch. Diese Drähte sind mit dem kleinsten geometrischen Verwischungsgrad in sich selbst verwischt.

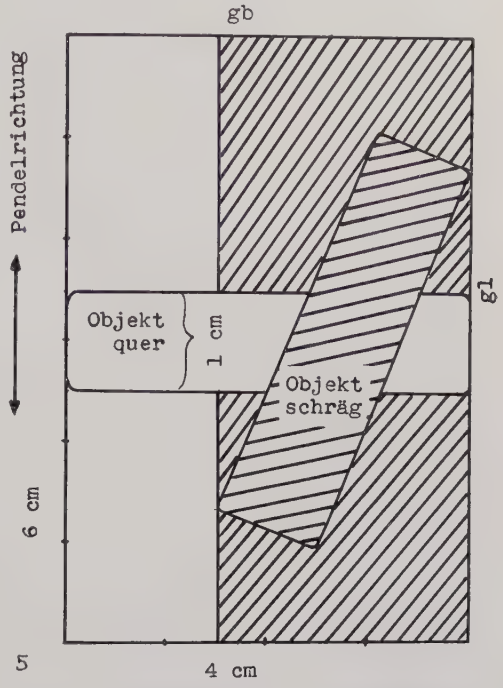


Abb. 5. Verkleinerung der Verwischungsfläche bei schräger Objektlage.
1. Bei Querlage: $F_{v1} = 4 \times 6$ cm $= 24$ cm² (= gesamtes Feld).
2. Bei Schräglage: $F_{v2} = 2{,}5 \times 6$ cm $\quad 15$ cm² (= schraffiertes Feld),

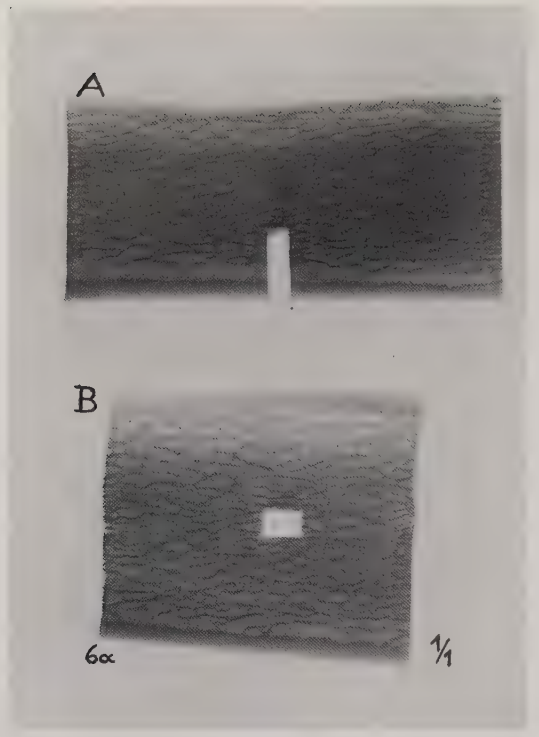
$$g_1 = \frac{24}{4} = 6; \qquad g_2 = \frac{15}{4} = 3{,}75.$$

Die Forderung der Verwischung in der Vorzugsrichtung ist praktisch für alle Störobjekte wichtig. Besonders zu beachten ist sie jedoch bei der Darstellung schmaler länglicher Knochenleisten. Werden diese in ihrer Längsachse gependelt, so liefern sie zwar scharf abgegrenzte dichte Schatten, verdecken aber mit diesen Schatten das Schichtbild. Eine etwa vorhandene Struktur oder ein kleiner Defekt geht in diesem dichten Störschatten unter. Außerdem dringen diese Schatten noch aus größerer Tiefe durch und täuschen Unrichtigkeiten hinsichtlich ihrer Lokalisation vor (Abb. 7a und 7b). In ähnlicher Form wird auch das Strukturbild der Schicht beeinflußt (s. später). Folgende Knochengebilde liefern in den üblichen Pendelrichtungen solche Schatten:

a) Schnitt in der Frontalebene mit Längspendelung; Septum nasi, seitliche Nasen- und Nebenhöhlenwände, Processus fronto-sphenoidalis oss. cygom., Processus pteryg. oss. sphen.

b) Schnitt in der Frontalebene mit Querpendelung: Palatum durum, untere Orbitalwände, Jochbögen, Alae parvae ossis sphen., Boden der Schädelgruben, Os occipitale.

c) Schnitt in der Sagittalebene mit Längspendelung: Stirnbein, besonders Wände der Stirnhöhlen, hintere und vordere Oberkieferhöhlenwand, Wände des Canalis pteryg.-palat., äußerer Orbitalrand.



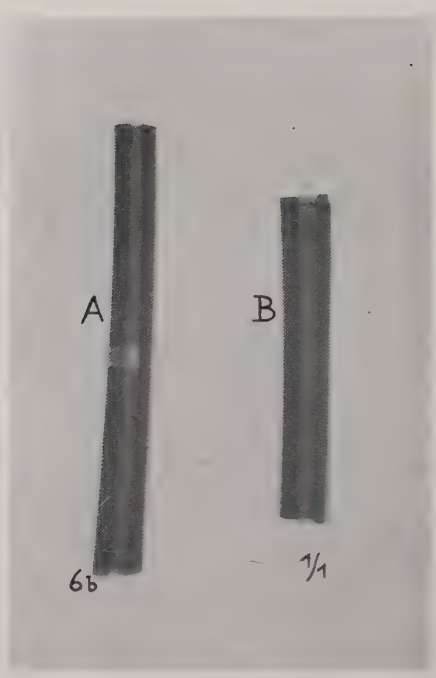
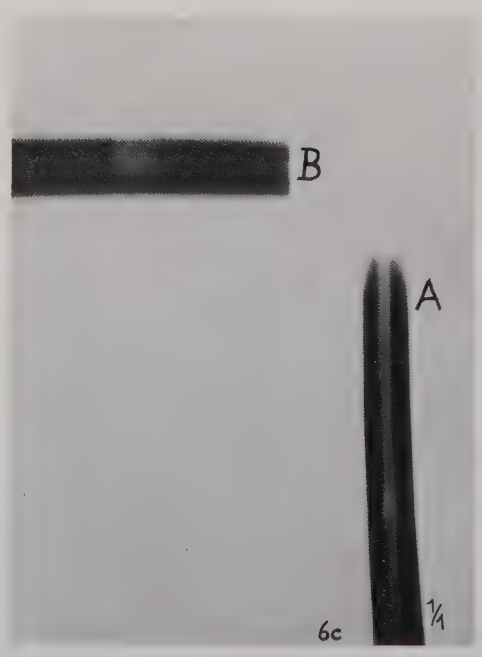


Abb. 6a und 6b. Knochenstücke mit ausgesägten Fenstern.
Abb. 6a. Gewöhnliche Übersichtsaufnahme von der Seite. Abb. 6b. Gewöhnliche Übersichtsaufnahme von oben.



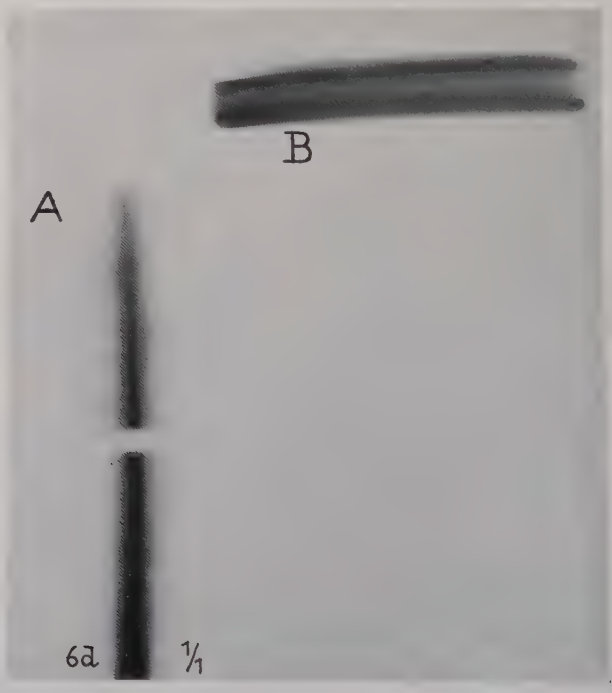


Abb. 6c und 6d. Knochenstücke mit ausgesägten Fenstern. Tomogramm durch die Knochenfenster.
Abb. 6c. B = quergependelt, das Fenster kontrastiert gut. A = längsgependelt, das Fenster kontrastiert schlecht.
Abb. 6d. B = längsgependelt, das Fenster kontrastiert schlecht. A — quergependelt, das Fenster kontrastiert gut.

Versuchsschnitte am Schädel

Abb. 7a. Schnitt durch den Gesichtsschädel mit Längspendelung (= Pendelung in Richtung der Längsachse des Körpers). Der Schnitt wird in Höhe des vorderen Randes der Nasenbeine durchgeführt. Bleimarke (I) am vorderen Rande des rechten Nasenbeines. Eine zweite Bleimarke (II) liegt 2 cm tiefer im linken Nasenkanal neben dem unteren Rande des knöchernen Nasenseptum. Beide Bleimarken sind mit ihrer Längsachse quer zur Pendelrichtung gelagert, sie werden also, wenn sie außerhalb der Schnittebene liegen, stark verwischt werden.

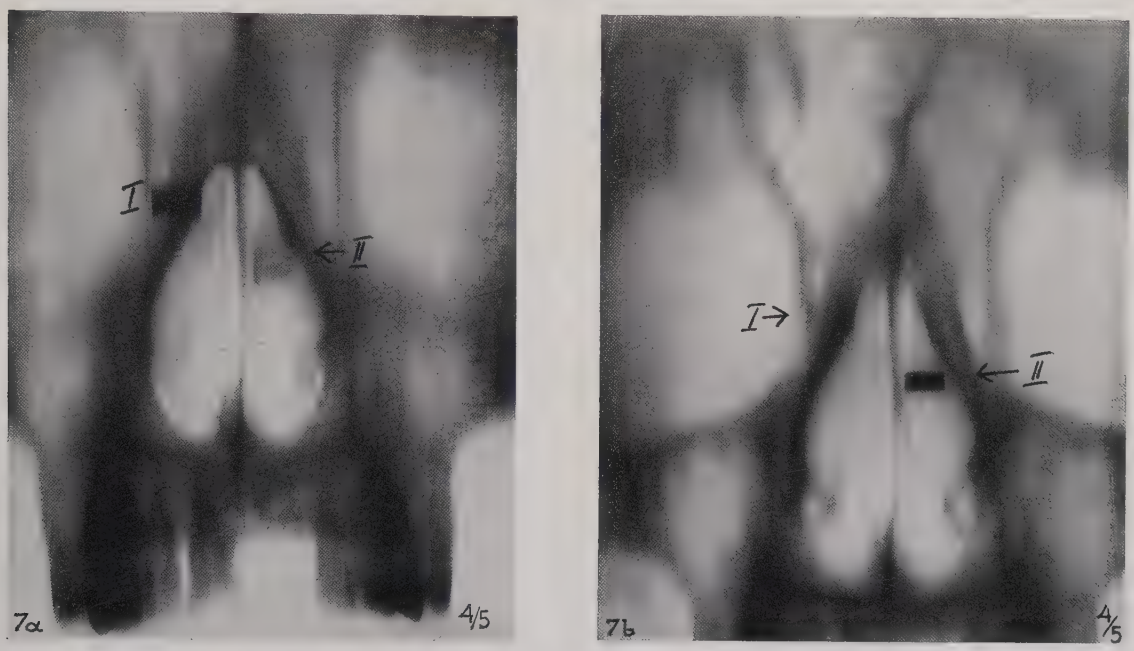


Abb. 7a. Der Schnitt liegt vor dem knöchernen Nasenseptum am Nasenbeinrand (Bleimarke I). Abb. 7b. Der Schnitt geht durch das knöcherne Nasenseptum (Bleimarke II). Auf beiden Bildern unterscheidet sich der gut wiedergegebene Schatten des Septums kaum. Die schmale, längsgependelte Lamelle des Septums dringt also bei Abb. 7a noch aus größerer Tiefe durch. Die quergestellten Bleimarken dagegen werden, wenn sie nicht direkt im Schnitt liegen, verwischt.

Das Augenmerk ist auf beide Bleimarken und auf die Abbildung der Lamina perpendicularis zu richten. Jene Bleimarke (I), welche am vorderen Rande des rechten Nasenbeines, also in der Schnittebene, liegt, ist scharf getroffen. Der Schnitt führt demnach wirklich durch die angegebene Tiefe. Aber auch die Lamina perpendicularis, welche erst 1 cm hinter dem vorderen Nasenbeinrand, also außerhalb der Ebene dieses Schnittes, beginnt und in der Medianebene weiter nach hinten verläuft, erscheint als ziemlich dichter, scharfer, strichförmiger Schatten, sogar noch an der Stelle, die 2 cm außerhalb der Schnittebene direkt neben der verwischten Bleimarke II liegt. Das Zustandekommen dieses Bildes der Lamina perpendicularis ist dadurch zu erklären, daß ihre Verwischung in einem sehr kleinen Grade erfolgt ist, da sie senkrecht zur Schnittebene und parallel zur Pendelrichtung steht. Ihr Störschatten ist demnach sehr dicht und weicht von der Form des Ruheschattens wenig ab. Man wird daher den wirklichen Schnittschatten von dem des Verwischungsschattens schwer unterscheiden können. Anders ist es mit der quer zur Pendelrichtung gelagerten Bleimarke (II). Diese ist in der Vorzugsrichtung der Verwischung gelagert. Ihr Schatten wurde großflächig auseinandergezogen.

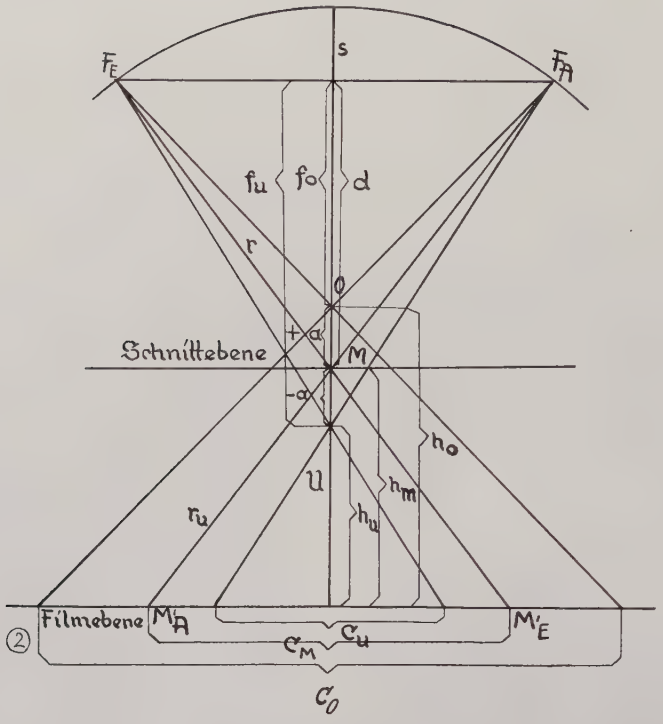


Abb. 8. Die Zeichnung veranschaulicht die Verwischung eines Punktes (O), der oberhalb der Schnittebene und eines Punktes (U), der gleich weit unterhalb der Schnittebene liegt. Der Projektionsweg dieser Punkte während der Röhrenpendelung beträgt C_o bzw. C_u. Der Punkt M liegt in der Schnittebene. Da er während der Pendelung eine ebenso große Strecke zurücklegt wie der Film, erleidet er keine Verwischung und wird scharf abgebildet. C_u bleibt gegenüber C_m zurück, C_o eilt voraus. Die Länge der Verwischungsschatten errechnet sich aus der Differenz von C_o und C_u zu C_m.

$$d = r \cos \frac{\varphi}{2}, \qquad C_M = 2\, r_u \sin \frac{\varphi}{2},$$

$$s = 2\, r \sin \frac{\varphi}{2}, \qquad h_M = r_u \cos \frac{\varphi}{2},$$

für C_o:

$$f_o = d - a = r \cos \frac{\varphi}{2} - a,$$

$$h_o = h_M + a = r_u \cos \frac{\varphi}{2} + a,$$

für C_u:

$$f_u = d + a = r \cos \frac{\varphi}{2} + a,$$

$$h_u = h_M - a = r_u \cos \frac{\varphi}{2} - a,$$

absolut (= gültig für C_o und C_u, je nach Vorzeichen von a):

$$|C| = \frac{s \cdot h}{f}; \qquad \begin{matrix} f = d \mp a; \\ h = d \pm a; \end{matrix}$$

$$C - C_M = \frac{2\, r \sin \frac{\varphi}{2} \left(r_u \cos \frac{\varphi}{2} \pm a \right)}{r \cos \frac{\varphi}{2} \mp a} - 2\, r_u \sin \frac{\varphi}{2}.$$

Abb. 7b zeigt den Schnitt durch die Bleimarke II. Die Lamina perpendicularis ist jetzt wirklich im Schnitt getroffen. Dieses wahre Schnittbild weicht von dem Pseudoschnittbild des ersten Schnittes kaum ab. Die am Nasenbeinrand angebrachte Bleimarke I ist stark verwischt.

2. Die Länge eines Verwischungsschattens (gl) ist von den Abständen r und r_u, dem Pendelwinkel φ und dem Abstande des Störungsobjektes von der Schnittebene (a) abhängig.

a) Abhängigkeit des Störschattens von der Lage des Störobjektes zur Schnittebene. In der Zeichnung Abb. 8 liegt der Punkt O oberhalb der Schnittebene, M in dieser, U unterhalb davon. Der Weg, den die Projektion dieser Punkte während des Pendelvorganges in der Filmebene zurücklegt, wird mit C_o, C_m, C_u bezeichnet.

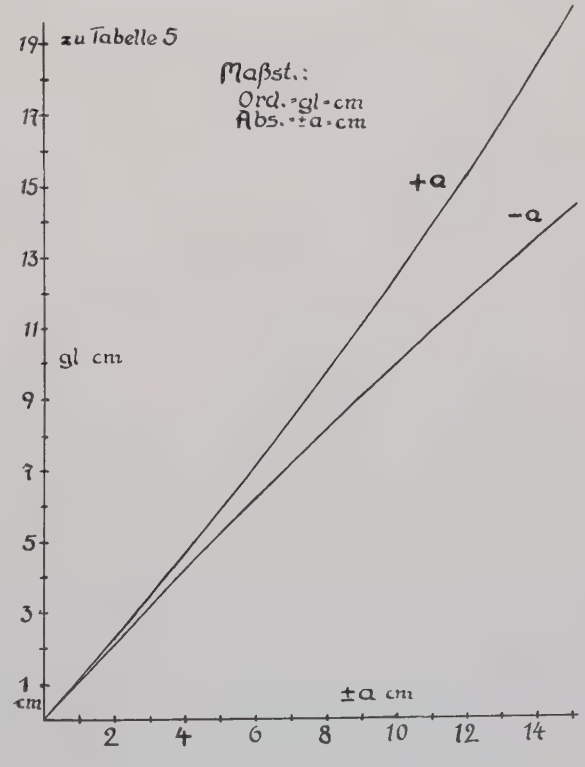
Da der Film den gleichen Weg wie C_m zurücklegt, wird M immer auf die gleiche Stelle projiziert. Ein Objektpunkt wird also, wenn er bei M liegt, scharf abgebildet. Punkte, denen ein größerer oder ein kleinerer Projektionsweg zukommt als M, werden während der Pendelung eine Verschiebung am Film erfahren, deren Länge durch die Differenz ihres Projektionsweges zu C_m ausgedrückt wird. C_o wird immer größer als C_m. C_u immer kleiner. Die Verwischungslänge von O beträgt $gl = C_o - C_m$. Der Schatten von C_u bleibt gegenüber der Filmgeschwindigkeit zurück. Für C_u ergibt sich eine Verwischungslänge $gl = C_m - C_u$. In der Formel wird die Differenz von C_o und C_u zu C_m einfach durch $|C|$ ausgedrückt, da der Unterschied zwischen C_o und C_u durch Änderung des Vorzeichens am Werte des Abstandes von der Schnittebene ($\pm a$) angegeben werden kann. Für C_o resultiert dann ein positiver Wert, für C_u ein negativer.

In der Tabelle 5 sind die errechneten Verwischungslängen für eine Anzahl oberhalb und unterhalb der Schnittebene liegender Punkte angegeben. Es ist hier auch zahlenmäßig zu sehen, daß es nicht gleichgültig für die Länge eines Verwischungsschattens ist, ob das den Schatten verursachende Objekt gleichweit oberhalb oder unterhalb der Schnittebene liegt. Die Länge des Verwischungsschattens ist größer, wenn das Objekt oberhalb der Schnittebene liegt. Es wird daher immer anzustreben sein, daß die größeren Störschatten nach Möglichkeit filmfern, das heißt über die Schnittebene gelagert werden.

Tabelle 5

Voraussetzung: $r = 100$ cm, $r_u = 20$ cm, $\varphi = 50°$

$+ a$	gl	gl	$- a$
in Zentimetern			
1	1,14	1,11	1
2	2,29	2,18	2
3	3,48	3,24	3
4	4,69	4,28	4
5	5,93	5,25	5
6	7,19	6,29	6
7	8,49	7,27	7
8	9,83	8,22	8
9	11,19	9,15	9
10	12,59	10,08	10
15	20,13	14,40	15



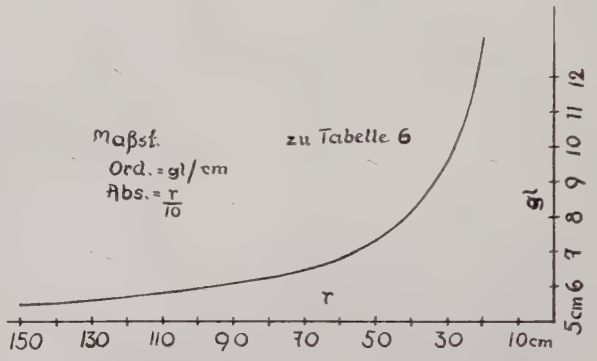
Abhängigkeit der Länge des Verwischungsschattens (gl) vom Abstand (a) des Störobjektes von der Schnittebene.
$+ a$ = Entfernung oberhalb der Schnittebene,
$- a$ = Entfernung unterhalb der Schnittebene.

Bei der Darstellung in Kurvenform wurden auch die negativen Werte von a positiv aufgetragen, da auf diese Weise der Vergleich beider Kurven besser möglich ist. Es zeigt sich, daß die Kurven oben auseinanderweichen. Bei $+a$ steigt sie steiler an, bei $-a$ wird sie flacher. Das besagt, daß mit zunehmender Entfernung von der Schnittebene die Verwischung größer wird, wenn das Objekt oberhalb der Schnittebene liegt. Befindet sich z. B. ein Punkt 5 cm oberhalb der Schnittebene, so wird er nach Tabelle 13 um 0,68 cm weiter verschoben als ein gleich weit nach unten verschobener Punkt. Verdoppelt man die Entfernung von a auf 10 cm, so beträgt diese Differenz schon 2,51 cm, also das Vierfache.

b) Änderung des Abstandes Fokus-Drehachse (r). Voraussetzung: $a = +5{,}0$ cm, $r_u = 20$ cm, $\varphi = 50°$.

Tabelle 6

r	gl
in Zentimetern	
20	12,88
30	9,52
40	8,11
50	7,34
60	6,85
70	6,51
80	6,29
90	6,07
100	5,93
110	5,80
150	5,49
200	5,27



Einfluß der Änderung des Abstandes Fokus-Drehachse (r) auf die Störschattenlänge (gl).

Je kleiner r wird, desto länger wird der Störschatten. Nach flachem Verlauf bei größeren Werten nimmt die Kurve bei $r = 90$ cm eine stärkere Krümmung an, um dann sehr schnell anzusteigen. Setzt man z. B. $r = 100$ cm auf $r = 90$ cm herab, so wird der Störschatten um 1,4 mm länger. Verkürzt man dagegen $r = 40$ cm auf $r = 30$ cm, so nimmt die Störschattenlänge um 14,1 mm zu.

c) Änderung des Abstandes Schnittebene-Filmebene (r_u). Voraussetzung: $a = +5$ cm, $r = 100$ cm, $\varphi = 50°$.

Tabelle 7

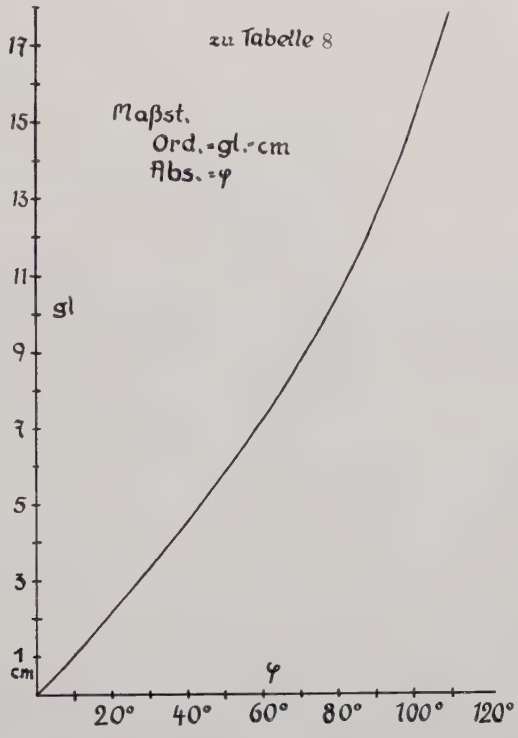
r_u	gl
in Zentimetern	
10	5,429
15	5,675
16	5,725
17	5,775
18	5,824
19	5,873
20	5,923
30	6,423
40	6,91
70	8,59
100	9,87

Mit Zunahme von r_u wächst auch gl. Da die Differenz der Schattenlängen bei gleichbleibenden r_u-Differenzen konstant ist, handelt es sich um eine Gerade (Tab. 7).

d) Änderung des Pendelwinkels (φ). Voraussetzung: $r = 100$ cm, $r_u = 20$ cm, $a = +5$ cm.

Tabelle 8

	gl
10°	1,11 cm
20°	2,20 cm
30°	3,39 cm
40°	4,57 cm
50°	5,93 cm
60°	7,35 cm
80°	10,77 cm
100°	15,51 cm
120°	23,09 cm



Einfluß des Pendelwinkels (φ) auf die Störschattenlänge (gl).

Mit Vergrößerung von φ wächst auch gl. Die Kurve steigt ziemlich steil an. Eine Vergrößerung des Pendelwinkels von 30 auf 50° bewirkt eine Störschattenverlängerung von 2,5 cm (75%) (Tab. 8).

3. Wenn wir nun die Resultate der einzelnen Untersuchungen betrachten, so gilt für die Schichtdicke, daß unter Anwendung der am Apparat in Frage kommenden Ausmaße lediglich eine Änderung des Pendelwinkels von ausschlaggebender Bedeutung ist. Mit Zunahme dieses Winkels wird die Schichtdicke kleiner. Die Länge des Verwischungsschattens hängt in der Hauptsache wieder von der Größe des Pendelwinkels und dazu noch vom Abstande Objekt-Drehachse ab. Je größer beide sind, desto länger wird der Verwischungsstreifen.

Stellt man die Einwirkungen auf die Schichtdicke denen auf die Verwischungslänge gegenüber, so findet man, daß die Kurven ihrer Werte entgegengesetzt verlaufen, d. h. Bedingungen, die eine Vergrößerung der Schichtdicke zur Folge haben, bewirken gleichzeitig eine Verminderung der Verwischungslänge und umgekehrt. Eine relativ dicke Schicht und ein kurzer Verwischungsschatten wird erreicht durch kleinen Pendelwinkel, großen Fokus-Drehachsenabstand und kleinen Drehachsen-Filmabstand. Eine relativ dünne Schicht und ein langer Verwischungsschatten wird erreicht durch großen Pendelwinkel, kleinen Fokus-Drehachsenabstand und großen Drehachsen-Filmabstand.

Tabelle 9

		r	r_u	h	gl (für $a = +50$ mm)
Dicke Schicht	30°	1200 mm	110 mm	1,36 mm	28,8 mm
Mittlere Schichtdicke	50°	1000 mm	150 mm	0,75 mm	56,8 mm
Dünne Schicht	50°	600 mm	300 mm	0,57 mm	77,2 mm

Es ist demnach nicht möglich, unter ein und denselben Bedingungen eine relativ dicke Schicht mit einem großen Verwischungsgrad zu paaren. Der Gesamtabstand Fokus–Film braucht, wenn man durch Abstandsänderungen einen Einfluß ausüben will, nur wenig verändert zu werden, da die Variationen des Abstandes Fokus–Drehachse und Drehachse–Film sowohl bezüglich Schichtdicke als auch Verwischung einander entgegengesetzt gerichtete Resultate liefern. Eine Vergrößerung von r wirkt nach der gleichen Richtung wie eine Verkleinerung von r_u und umgekehrt. Dieser Umstand erleichtert es, die richtige Belichtung zu erhalten.

4. Eine gesonderte Besprechung erfordert eine Erscheinung an den Störschatten, die von den Stromverhältnissen und der Wanderungsgeschwindigkeit der Störschatten abhängt. Sie kommt auf Abb. 11 a—c deutlich zum Vorschein. Die hier gezeigten Störschatten von Bleiplättchen werden in querer Richtung von dichteren und weniger dichten Streifen durchzogen. An Schädelschnitten sind bisweilen in der Nähe von scharfen Rändern (Kompaktastreifen) die Schatten in ähnlicher Weise von schwächer und stärker geschwärzten Intervallen unterbrochen (Abb. 9). Die gleiche Beobachtung macht man häufig an den Schatten von metallischen Fremdkörpern. Diese Erscheinung ist durch die Tatsache zu verstehen, daß die Röntgenstrahlung bei Verwendung von Wechselstrom zusammengesetzt ist aus einer Summe von kurz dauernden Strahlenstößen, die bei jedem Wechsel der Stromperiode erzeugt werden. Eilt nun ein Projektionsbild mit einer so großen Geschwindigkeit über den Film, daß es zwischen 2 Strahlenstößen einen größeren Weg zurücklegt als seine Schattenlänge in der Bewegungsrichtung ausmacht, so werden die einzelnen Stromstöße getrennte Bilder hervorrufen. Das schattenfreie Intervall wird um so größer sein, je größer die Geschwindigkeit des Projektionsschattens ist. Es ist also nicht gleichgültig, mit welcher Geschwindigkeit ein Schatten über den Film eilt. Die Aufspaltung eines Störschattens tritt ein, wenn das Produkt (Breite des Objektschattens in der Pendelrichtung) × (Anzahl der Stromwechsel in der Expositionszeit) kleiner ist als die dem Störobjekt zukommende Störschattenlänge. Dünne Objekte werden also schon bei geringerer Geschwindigkeit ihres Projektionsschattens eine Aufspaltung des Störschattens erfahren als dicke Objekte. Die Wanderungsgeschwindigkeit der Projektionsschatten ist abhängig von der Winkelgeschwindigkeit der Pendelung und allen jenen Momenten, welche die Störschattenlänge beeinflussen (r, r_u, a, φ). Tritt die Aufspaltung des Störschattens nur an einer Seite auf, so ist dies ein Zeichen einer ungleichmäßig erfolgten Pendelbewegung, etwa einem ruckweisen Anspringen der Röhre.

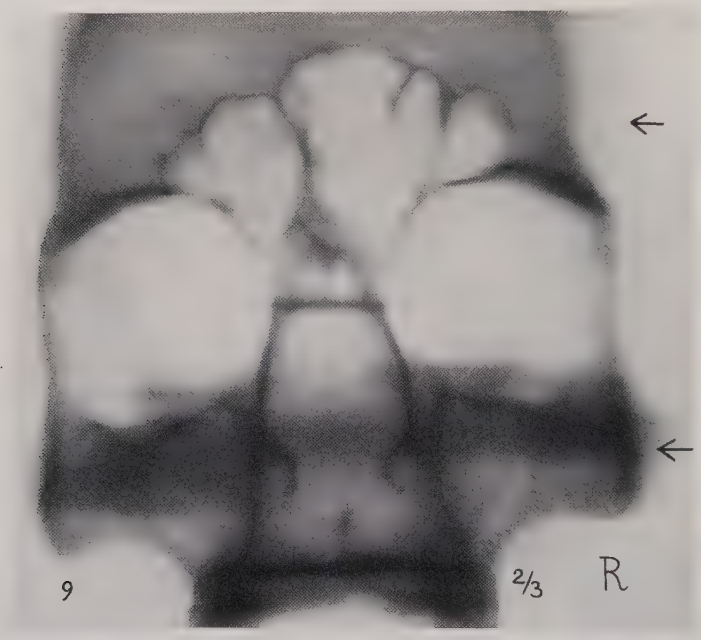


Abb. 9. Staffelung verwischter Randschatten auf der rechten Seite.

Reicht die Geschwindigkeit der Störschattenwanderung nicht aus, um die einzelnen Schatten vollständig getrennt abzubilden, so überlagern sich die Randabschnitte der aufeinanderfolgenden Einzelbilder. Diese Überlagerung verursacht verdichtete Querleisten im Störschatten (Abb. 11 b).

Versuche

1. Abb. 10. Gewöhnlich belichteter Film, kein Tomogramm. 3 mm dicker Draht, quer zur Pendelrichtung gestellt. Breite seines Ruheschattens etwa 4 mm (ohne Berücksichtigung der Zunahme der Schattenbreite gegen die Filmenden zu infolge Schrägprojektion). Wechselstrom mit

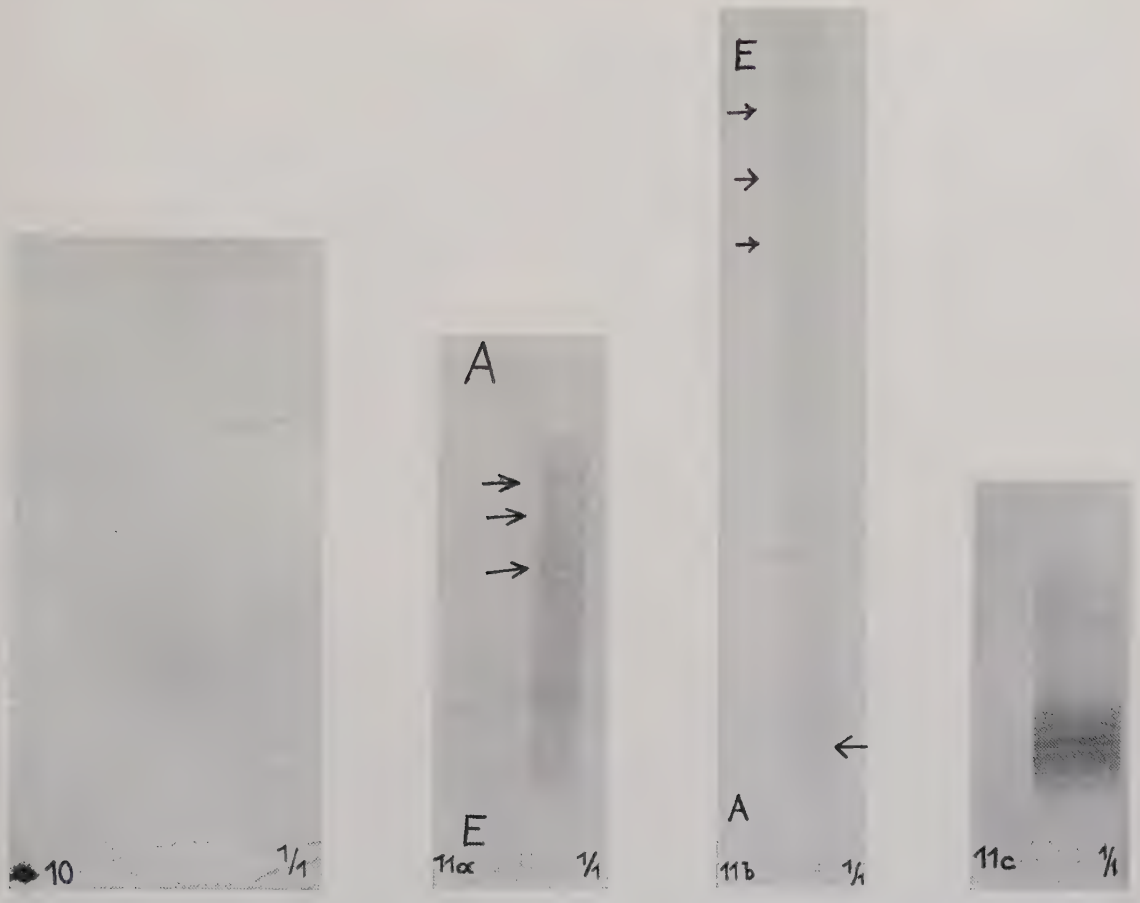


Abb. 10. Gewöhnliche Aufnahme. Isolierte Schatten eines Drahtes, der während der Belichtung mit größerer Geschwindigkeit über den Film hinwegeilte (Wechselstrom, 4 Vent.).

Abb. 11a—c. Tomogramme. Wechselstrom, 4 Vent. a) Kurzer Störschatten eines Bleistückchens. Verdichtete Querleisten infolge Randüberlagerung der Einzelschatten (→). b) Längerer Störschatten eines gleichgroßen Bleistückchens. Bei gleicher Pendelzeit der Röhre legte der Schatten einen größeren Weg zurück und wurde daher stärker auseinandergezogen. Es traten (am Original besser sichtbar) schattenfreie Intervalle bei *E* auf (→). c) Bleistückchenschatten, bei dessen Zustandekommen der Röhre plötzlich eine Beschleunigung erteilt wurde. Der Schatten, der anfangs eine Staffelung durch Randüberlagerung zeigt, wird plötzlich auseinandergezogen.

50 Periodensekunden (= 100 Wechsel), 4 Vent. Während der Exposition streicht der Draht mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit von 80 cm/Sekunden über den Film hinweg. Damit der Film keiner unnötigen Vor- oder Nachbelichtung ausgesetzt wird, bringt man in zweckmäßiger Weise 1—2 cm vor und hinter dem Draht eine Blende an. Diese Blendvorrichtung bewegt man mit dem Draht mit. Auf diese Weise werden die von den einzelnen Stromstößen erzeugten isolierten Drahtschatten am Film darstellbar.

2. Abb. 11a—c. Störschatten von etwa $^1/_2$ cm langen Bleiplättchen. Das Plättchen vom Schatten *a* lag unter der Schnittebene, das von *b* oberhalb davon. Beim Zustandekommen des

Schattens c wurde während der Pendelung der Röhre ruckweise eine Beschleunigung erteilt. A bezeichnet die Richtung der Fokusausgangsstellung, E die Richtung der Fokusendstellung.

Am Schatten a kann man beobachten: Gegen das nach A gerichtete Ende zu tritt allmählich eine Staffelung des Schattens auf. Durch Randüberlagerung der Einzelbilder entstehen hier verdichtete Querleisten. Da der Schatten von Objekten, die unterhalb der Schnittebene liegen, gleichsinnig mit der Röhre wandert, muß man den Schluß ziehen, daß die Anfangsgeschwindigkeit der Röhre größer war als ihre Endgeschwindigkeit. Diese größere Anfangsgeschwindigkeit reichte jedoch nicht aus, die Schatten vollständig zu isolieren.

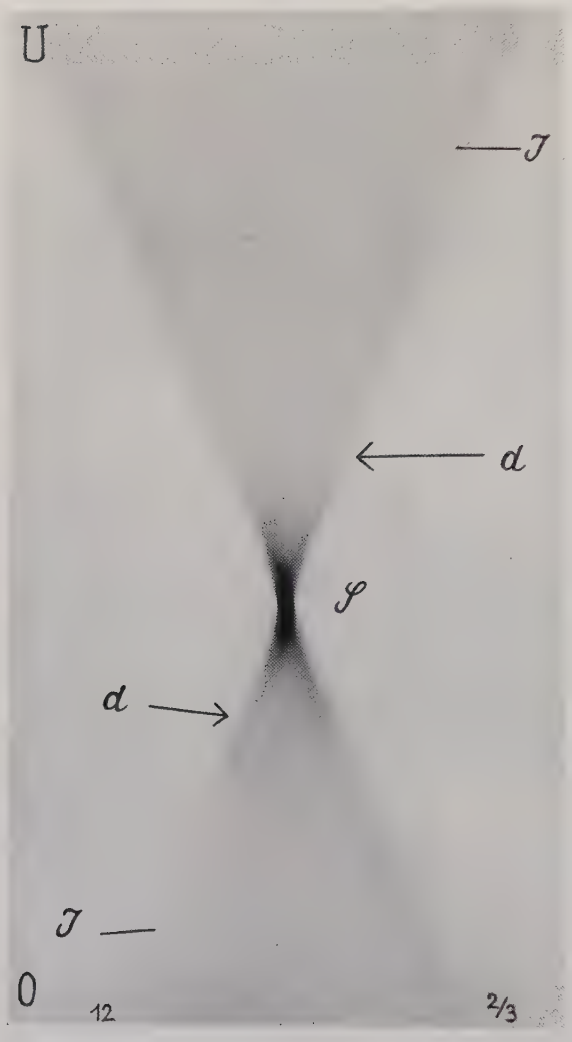


Abb. 12. Schnitt durch einen quer zur Schnittebene gestellten Draht. S = Stelle des Schnittes, d = Verdichtungsstreifen durch Randüberlagerung der Einzelschatten, J = schattenfreie Intervalle.

Am Schatten b kann man beobachten: Der gesamte Schatten ist länger als der vorige, obwohl das Bleiplättchen nicht größer war. Der Objektschatten wandert also mit größerer Geschwindigkeit über den Film als bei a. Die Einzelschatten werden in Richtung E auseinandergezogen, und zwar so weit, daß schattenfreie Intervalle (→) entstehen. Der Schatten der oberhalb der Schnittebene liegenden Punkte wird gegensinnig zur Röhrenbewegung verschoben. Es erfolgt also die Zerlegung in Einzelschatten gleich zu Beginn der Pendelung. Die Röhrengeschwindigkeit war also auch in diesem Falle am Anfange größer als am Schluß.

Am Schatten c kann man beobachten: Der Schatten wird etwa in seiner Mitte plötzlich in Einzelschatten zerlegt (↑). Der Röhre wurde in diesem Falle, als sie sich während der Exposition etwa im Kulminationspunkt befand, plötzlich eine Beschleunigung erteilt. Damit wurde auch die Wanderung des Störschattens beschleunigt. Der Ausdruck dieser ruckweise erfolgten Beschleunigung ist die übergangslose Aufteilung des Störschattens in Einzelschatten. Damit ist der Einfluß der Geschwindigkeit der Störschattenwanderung auf die Erscheinung der Störschattenaufteilung gezeigt.

3. Schnitt durch ein gerades Drahtstück, das quer zur Pendelrichtung steht und mit der Schnittebene einen Winkel von 45° bildet (Abb. 12). Auf der mit O gekennzeichneten Seite ragt der Draht nach oben, auf der mit U gekennzeichneten Seite nach unten aus der Schnittebene heraus. An der Stelle des Schnittbildes (S) laufen die dreieckigen Störschattenflächen der oberhalb und unterhalb der Schnittebene liegenden Drahtanteile zusammen. In der Nähe des Schnittes sind die Drahtabschnitte noch als einheitliche Schatten verwischt. Aber schon ein kurzes Stück seitwärts beginnt die Aufspaltung in Einzelschatten sichtbar zu werden. Zunächst erscheinen dünne Verdichtungsstreifen (d) infolge Überlagerung der Ränder. Weiter seitwärts werden die Einzelschatten schon vollständig voneinander

getrennt (J). Diese Erscheinung ist wiederum zu Beginn der Pendelung ausgeprägt. Die Röhre springt also schnell und wird dann langsamer. Die entgegengesetzte Wanderung der oberhalb und unterhalb der Schnittebene gelegenen Punkte kann daran ersehen werden, daß die Schattenzerlegung an dem einen Verwischungsdreieck auf der Seite bei A und an dem anderen auf der Seite bei E beginnt.

Zusammenfassung der Beobachtungen an diesen Versuchen

Es entstehen

1. Einheitlich dichte Schattenstreifen bei langsamer Schattenwanderung. Der Objektschatten wird mehrmals aufeinanderprojiziert. Will man dies ohne Verminderung der Störschattenlänge erreichen, so ist eine längere Belichtungszeit mit langsamerer Röhrenbewegung zu wählen. Im Interesse eines guten Bildkontrastes besteht aber hierzu kein Anlaß.
2. Schwache Schatten. Die Filmfläche wird nur einmal vom Objekt beschattet.
3. Dichte Querleisten zwischen den schwachen Schatten. Sie entstehen durch Überlagerung der Randpartien der Einzelschatten.
4. Vollständig zerlegte Einzelschatten mit schattenfreien Intervallen. Die Störschattengeschwindigkeit ist hier im Vergleich zur Anzahl der Stromstöße in der Zeiteinheit relativ groß.

Die Möglichkeit der Trennung der einzelnen Strahlenstöße auf photographischem Wege wird in der Röntgentechnik ausgenutzt zur Prüfung von Zeitrelais („Periodenabhängige Messung", Apparatur nach Herz). Auch in der Röntgensensitometrie mittels des Scheinerphotometers spielt das „Pulsieren des Stromes" beim Zustandekommen des von Luft näher untersuchten stroboskopischen Effektes eine Rolle.

C. Das Schnittbild als Ganzes

1. In welchem Verhältnis müssen Schichtdicke und Verwischung stehen, damit ein brauchbares tomographisches Bild zustande kommt? Bisher war die Ansicht verbreitet, daß die Erzielung einer möglichst dünnen Schicht anzustreben sei. So wird auch beim Vergleich der Leistung des Planigraphen der Firma Siemens mit der des Tomographen meistens hervorgehoben, daß letzterer eine geringere Schichtdicke zuwege bringe. Rechnung und Versuch beweisen, daß die Dicke der abgegrenzten Schicht am Tomographen bei den anwendbaren Ausmaßen des Apparates nur zwischen 0,5 und 1,5 mm liegt und höchstens 1 mm variiert werden kann. Zieht man zur Beurteilung noch jene benachbarten Punkte heran, die aus der Schnittebene so weit herausragen, daß ihre Schatten am Film durch die Pendelung bis zu 1,5 mm verschoben werden, so vergrößert sich die Schichtdicke wesentlich. Tabelle 11 vergleicht verschiedene Schichthöhen, die einer Bildunschärfe von 1,5 mm zukommen, und zwar wird der Wert einer sehr dicken Schicht dem einer äußerst dünnen gegenübergestellt. Dabei ergibt sich ein Spielraum von 6,5 mm. Man wird verstehen, daß eine Differenz der Dicke eines Objektes von mehreren Millimetern sich auch im Kontrast der Schicht gegenüber den Verwischungsschatten auswirken wird. Gegenüber Störschatten, wie sie der Schädel liefert, wird eher eine dicke Schicht als eine dünne vorteilhaft sein.

Tabelle 10. Schichtdicken (h) für eine Bildunschärfe von 1,5 mm

Relativ dicke Schicht	($\varphi = 30°$, $r = 120$ cm, $r_u = 11$ cm) $h = 10{,}79$ mm.
Relative mittlere Schichtdicke	($\varphi = 50°$, $r = 100$ cm, $r_u = 11$ cm) $h = 5{,}80$ mm
Relativ dünne Schicht	($\varphi = 50°$, $r = 60$ cm, $r_u = 30$ cm) $h = 4{,}28$ mm

Im Bestreben aber, eine möglichst dicke Schicht zu erzielen, arbeitet man dem Zustandekommen einer größeren Verwischung entgegen. Bedingungen für eine dicke Schicht bringen sehr kleinflächige, dichte Störschatten, welche die Schicht stark überdecken. Ein gewisses Ausmaß der

Verwischung muß jedoch zur Erzielung eines brauchbaren Kontrastes erreicht werden. Aber auch Bilder mit ziemlich großen Verwischungsgraden ihrer Störschatten werden zuwenig konstrastreich. Dies mag einerseits daran liegen, daß die Schicht dieser Bilder zu dünn ist und ihr Schatten gegenüber den Störschatten zuwenig durchdringt. Andererseits ist mit der Einstellung auf einen möglichst großen Verwischungsgrad eine Vergrößerung von r_u und eine Verkleinerung von r verbunden. Damit geht eine starke Bildvergrößerung einher. Diese Bildvergrößerung bedeutet aber wegen der Verteilung des gleichen Schattens auf eine größere Filmfläche eine nicht unbeachtliche Verminderung des Kontrastes zur Grundschwärzung. Der relativ große Film-Schnittabstand hat außerdem noch eine Erhöhung der Streustrahlenwirkung am Film zur Folge, was wiederum eine Herabsetzung des Kontrastes und auch der Bildschärfe bedeutet, besonders wenn der Schnitt in Beziehung zu

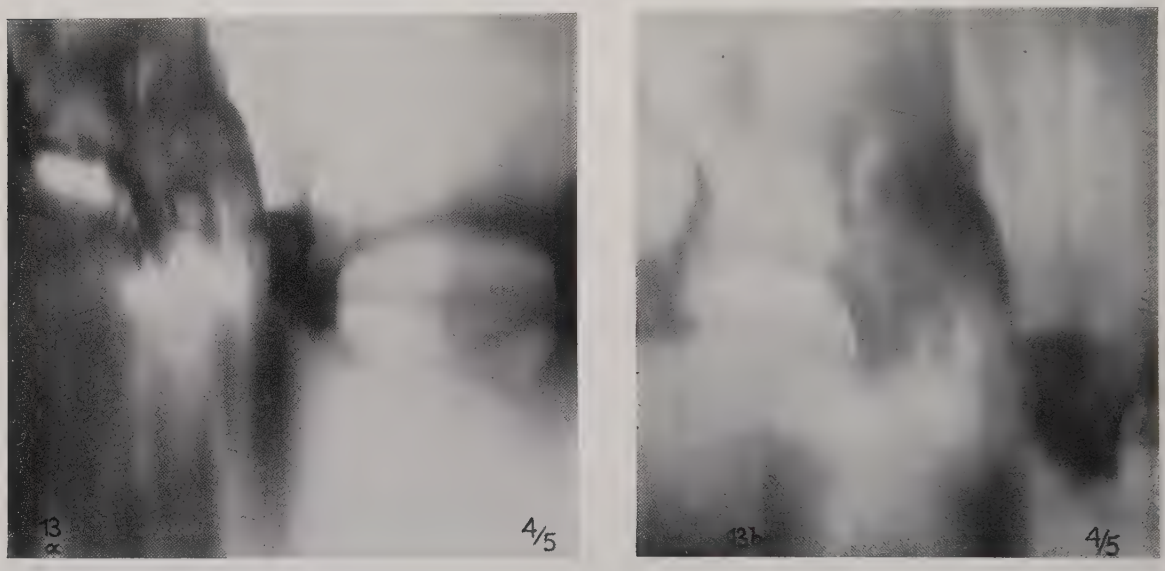


Abb. 13a und 13b. Querschnitt durch ein Felsenbein.
Abb. 13a. Mittlere Schichtdicke. Größerer Abstand Fokus-Drehachse, kleinerer Abstand Drehachse-Film. Abb. 13b. Kleinere Schichtdicke. Kleinerer Abstand Fokus-Drehachse, größerer Abstand Drehachse-Film. Starke Bildvergrößerung. Die Formen des Innenohres treten auf Abb. 13a besser hervor.

den übrigen Objektabschnitten nicht filmnah gelagert ist. Wir beschränken uns daher zur Erzielung einer großflächigen Verwischung vorwiegend auf eine Vergrößerung des Pendelwinkels und halten r relativ groß und r_u relativ klein. Gleichzeitig gewinnt man dadurch eine geringfügige Verdickung der Schicht.

Auf Abb. 13a ist ein Schnitt durch ein Felsenbein dargestellt mit mittlerer Schichtdicke und Verwischung (bei kleinem r_u). Der gleiche Schnitt wird unter Bedingungen für eine sehr dünne Schicht und einen hohen Verwischungsgrad (relativ großes r_u) unter gleichen Belichtungsverhältnissen wiederholt (Abb. 13b). Es ist eindeutig zu erkennen, daß im letzteren Fall die Kontraste schlechter geworden sind. Während sich am Schnitt mittlerer Dicke die Aufhellungen des Innenohres deutlich abheben, liefern sie am dünnen Schnitt nur unscharfe vergrößerte Formen mit schwächeren Kontrasten, obwohl hier der Verwischungsschatten des dichten Felsenbeinmassivs eine viel größere Fläche einnimmt.

Die Beziehung von geometrischem Verwischungsgrad und Kontrast wird an einer von Großmann aufgestellten Kurve veranschaulicht (Abb. 14).

Diese Kurve besagt, daß schon bei niedrigen Verwischungsgraden (g = kleiner als 5) die Störschattendichte steil abfällt. Die hohen Verwischungsgrade (g = größer als 5) liegen jenseits dieses

steilen Kurvenabfalles. Ihr Kontrast zur Grundschwärzung und die Schwärzungsunterschiede der Werte untereinander sind nur sehr gering. Es macht nicht viel aus, ob ein Verwischungsgrad 9 oder 10 beträgt. Aus dieser Gegenüberstellung wird man zu dem Schluß kommen, daß man zur Erzielung guter tomographischer Bilder extrem dicke oder dünne Schichten nicht einstellen darf. Bedingungen für eine mittlere Schicht mit einer so ausgiebigen Verwischung, daß die dichten Störschatten nach Möglichkeit einen geometrischen Verwischungsgrad erreichen, der jenseits des steilen Abfalles der Filmschwärzung liegt, werden die brauchbarsten Bilder liefern.

Wir halten uns an folgende durch die Praxis ermittelte Werte: $r = 100$ bis 120 cm, $r_u = 10$ bis 20 cm, $\varphi = 50°$.

2. Für die Röntgenphotogrammetrie ist die Tomographie allein nicht ausreichend. Es ist klar, daß bei den Abstandsvariationen die Gesetze der Projektion für die Tomographie ebenso

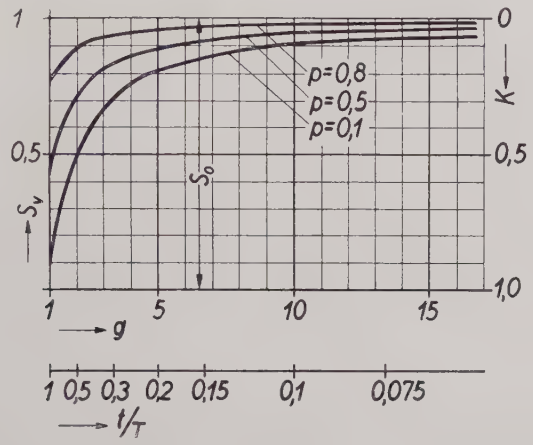


Abb. 14. Die Filmschwärzung S_v im Bereiche eines homogenen verwischten Schattens in Abhängigkeit vom geometrischen Verwischungsgrad g und in Abhängigkeit von $\frac{t}{T}$, wobei t = die Zeitspanne ist, während derer der Film durch das Störschattenobjekt beschattet worden ist, T = die Belichtungsdauer ist. Ist die Schwärzung des Films in der Umgebung des verwischten Schattens $= S_o = 1$, so stellt $S_o - S_v = 1 - S_v$ den Kontrast K dar, den der homogene verwischte Schatten gegenüber seiner Umgebung aufweist. Die oberste Kurve gilt für ein Störobjekt, das die Röntgenstrahlung nur um 20% schwächt ($p = 0{,}8$), die mittlere Kurve für ein Störobjekt, das die Röntgenstrahlung auf die Hälfte schwächt ($p = 0{,}5$), die unterste einem Störobjekt, das nur 10% der Einfallstrahlung hindurchläßt ($p = 0{,}1$). (Großmann, Tomographie II, Fschr. Röntgenstr. 51, 2.)

Geltung haben wie für die übrigen Aufnahmeverfahren. Die verschiedenen Punkte der Schnittebene werden ebenso auseinanderprojiziert wie am Summationsbild. Je weiter das Objekt vom Film entfernt ist, desto größer wird das Ausmaß des Schnittbildes. Dieser Umstand beeinflußt an und für sich die Brauchbarkeit des tomographischen Bildes wenig, da wir es ja mit einer dünnen Schicht zu tun haben und sich deswegen ungünstige projektorische Verzerrungen außer in einer allgemeinen Bildvergrößerung formgemäß praktisch nicht auswirken können. Die Verzerrung resultiert aus den Beziehungen zur weiteren Umgebung. Die Umgebung ist aber am Schnittbild weggewischt. Die Ermittlung der wahren Seitenabstände muß rechnerisch erfolgen. Die Tiefenabstände der einzelnen Schichten, angegeben durch Veränderungen des Standes der Drehachse, entsprechen jedoch den wirklichen Abständen.

Beeinflussungen der Bildschärfe, die mit den Abstandsveränderungen verbunden sind, dürften weniger ins Gewicht fallen. Die nachteilhafte Auswirkung einer Vergrößerung des Bildes auf den Kontrast wurde schon erwähnt.

3. Wenn wir die Schärfe und Struktur eines tomographischen Schnittes beurteilen, so haben wir uns gegenüber den gewöhnlichen Summationsbildern mit kleinen Abweichungen

auseinanderzusetzen, die auf Grund unserer Erörterungen auf Schichtdicke und Verwischung verstanden werden können.

a) Die scharf gezeichnete Struktur geht kontinuierlich in stärker auseinandergezogene und daher weniger dichte Verwischungsschatten über. Dies hängt damit zusammen, daß mit der Entfernung von der Schnittebene die Punkte allmählich zunehmend verwischt werden. Es wird also immer zur „Randschattenbildung" kommen. Die Fokusunschärfe verliert sich in dieser Randunschärfe.
b) Da sich am Röntgenbild die Struktur eines Gebildes aus der Summation von Schatten, die in der Strahlenrichtung übereinanderliegen, zusammensetzt, wird sie in der Richtung der Pendelung durch den ebenso gerichteten Störschatten verstärkt werden. Die Schatten der Knochenplättchen, die parallel zur Pendelrichtung stehen, werden in sich selbst verwischt. Sie liefern, selbst wenn sie mehrere Millimeter aus der Schnittebene herausragen, Linien, die ebenso dünn sind wie die der Struktur des Schnittbildes. Die senkrecht zur Verwischungsrichtung stehenden Knochenbälkchen dagegen werden nur in ganz dünner Schicht abgebildet. Somit wirken verschieden dicke Schichten von Knochenbälkchen am Zustandekommen der Struktur des Schnittbildes mit (Großmann). Die auf Abb. 3a und b) gezeigten Schnitte durch enge Drahtgitter veranschaulichen diese Verhältnisse deutlich. Die in der Pendelrichtung verlaufenden Drähte scheinen noch aus großer Tiefe ziemlich scharf ausgezeichnet durch.
c) Die Scharfrandigkeit von Knochen kann nur dann einwandfrei beurteilt werden, wenn schräg oder quer zum Rand gependelt wird. Andernfalls summiert sich der ganze Schatten der kompakten Randlamelle zu einem undurchdringlichen Schattenstreifen, der alle Kontrastunterschiede der geschnittenen Schicht des Randgebietes überdeckt.
d) Es kann zu mehrfacher Randkonturierung kommen, wenn infolge schneller Störschattenwanderung die einzelnen Wechselstromimpulse zeitlich zu weit auseinanderliegen, um die von ihnen erzeugten Einzelbilder der Störobjekte zu einem einheitlichen Störschattenstreifen zusammenzufügen (Abb. 9).
e) Auch eine mangelhafte technische Durchführung der Tomographie kann die Bildschärfe vermindern. Besonders wichtig ist es, während der Röhrenexkursion Erschütterungen von Film und Röhre zu vermeiden. Auf letzteres weisen auch di Rienzo und Boher hin. Fokusfibrationen von wenigen Millimetern unterdrücken schon Einzelheiten.

D. Technik des Schädelschnittes und Erörterungen über die Nomenklatur der Schnittarten

1. Die Einstellung des Objektes

Prinzipiell halten wir daran fest, uns zunächst durch Übersichtsaufnahmen über die grobe Lage des zu untersuchenden Herdes zu orientieren. Will man an Hand dieser Bilder die Herdtiefe ermitteln, so ist die Dicke der äußeren Weichteilschicht und die Größe der Verprojektion infolge Strahlendivergenz einzurechnen. Obwohl für die Schnittwahl in der Hauptsache das Vermeiden dichter Störschatten maßgebend ist, kann man ohne viel Einbuße in der Mehrzahl der Fälle die Schnitte in die 3 anatomischen Hauptebenen, in Orientierung am aufrechtstehenden Menschen, legen. So schneiden wir:

1. in der Frontalebene (= Frontalschnitt),
2. in der Sagittal- (Median-) Ebene = Sagittal- bzw. Medianschnitt,
3. in der Horizontalebene = Horizontalschnitt.

Schräg zu diesen Ebenen schneiden wir nur dann, wenn diese Hauptschnitte nicht zum Ziele führen (z. B. am Felsenbein). Die Symmetrie der Lage des Objekts ist in der Regel erwünscht, besonders dann, wenn es gilt, anatomische Schwierigkeiten zu lösen. Zu diesem Zwecke wählt man Hilfspunkte und bringt sie in die erforderliche Korrelation, z. B. Tragus der Ohren, Meatus acc. ext.,

Warzenfortsätze, laterale Augenwinkel, Nasenwurzel-Protub. occ. ext., Kinnmitte-Medianlinie des Schädeldaches-Protub. occ. ext. Auf gleichzeitige Darstellung der symmetrischen Gegenseite soll man nur dann verzichten, wenn eine scharfe Ausblendung des Gebietes es erfordert.

Zur wirksamen Begegnung der Störschatten stehen 2 Möglichkeiten zur Verfügung: Geeignete Wahl der Pendelrichtung und zweckmäßige Lagerung des Objektes.

a) Geeignete Wahl der Pendelrichtung: Diese wichtigste Maßnahme erreicht man dadurch, daß man dem Patienten eine entsprechende Richtung zur Pendelebene gibt. Die Längsachse dichter Objekte wird aus schon erörterten Gründen quer oder mindestens schräg zur Pendelrichtung eingestellt. Die Bezeichnung der Pendelrichtung kann an Schädelschnitten von 2 Gesichtspunkten aus erfolgen:

1. Man kann analog der von uns ausgewählten 3 Hauptschnittebenen die Achsen dieser Ebenen der Benennung zugrunde legen und so „längs, quer und sagittal" pendeln. Bei Längspendelung verläuft der Störschattenstreifen immer parallel mit der Längsachse des Körpers, bei Querpendelung immer senkrecht zu ihr. Im letzteren Falle zieht im Frontal- und Horizontalschnitt der Störschatten von links nach rechts und umgekehrt und im Sagittalschnitt von hinten nach vorn. Aus der Bezeichnung der Pendelung allein kann man bei dieser Nomenklatur den präzisen Verlauf der Störschatten nicht ersehen. Man kann dies nur unter gleichzeitiger Angabe der Schnittebene. Es ist zuzugeben, daß bei dieser Benennung von Schnittebene und Pendelrichtung infolge Verwechslung Unklarheiten entstehen können.
2. Es ist daher zu erwägen, ob nicht für die Benennung der Pendelrichtung zweckmäßiger die gleiche Ausdrucksweise gebraucht werden soll, wie sie auch bei der Aufnahmetechnik der gewöhnlichen Bilder zur Angabe des Strahlenganges eingeführt ist. Demnach stehen sich folgende Ausdrucksweisen gegenüber:

Für den Frontalschnitt:

Längspendelung	kranio-kaudale Pendelung (oder umgekehrt),
Querpendelung	dextro-sinistrale Pendelung (oder umgekehrt).

Für den Sagittalschnitt:

Längspendelung	kranio-kaudale Pendelung (oder umgekehrt),
Querpendelung	okzipito-frontale Pendelung (oder umgekehrt).

Für den Horizontalschnitt:

Sagittalpendelung	okzipito-frontale Pendelung (oder umgekehrt),
Querpendelung	Dextro-sinistrale Pendelung (oder umgekehrt).

Wir haben uns bis jetzt an die zuerst genannte Ausdrucksweise gehalten. Sie wird auch im weiteren Verlaufe dieser Arbeit angewendet.

Eine nähere Begründung für die Wahl der von uns gewöhnlich eingehaltenen Pendelrichtung in den Hauptschnittebenen wird bei der Darstellung der einzelnen Schädelabschnitte gegeben. Wie schon erwähnt, ist das Bestreben maßgebend, die darzustellenden Gebilde möglichst scharf zu schneiden, d. h. sie schräg oder quer zur Längsachse zu treffen und so ihre eigenen außerhalb der Schnittebene liegenden Anteile möglichst großflächig zu verwischen. Außerdem sollen andere große Störschatten von dem Darstellungsfelde ferngehalten werden. Wenn auch jeder Fall auf die für ihn geeignete Pendelrichtung einzeln zu prüfen ist, so ergibt sich für jede der 3 Hauptschnittebenen doch eine Vorzugsrichtung der Pendelung, die den oben gestellten Bedingungen der Erzielung eines guten Schnittbildes weitgehend gerecht wird. Wir führen den

Frontalschnitt meistens in der Querpendelung (dextro-sinistral),
Sagittalschnitt meistens in der Längspendelung (okzipito-kaudal),
Horizontalschnitt meistens in der Querpendelung (dextro-sinistral).

b) Zweckmäßige Lage des Objektes. Bei der Anfertigung des Summationsbildes kann man durch Änderung der Richtung des Zentralstrahles manches erreichen. Bei der Tomographie des Schädels sind solche Projektionsabsichten nur bis zu einem gewissen Grade durch Änderung der Kopfhaltung zu verwirklichen, z. B. Verschiebung des Felsenbeinschattens durch Strecken oder Beugen des Kopfes. Auch die filmferne Lagerung der größeren Störobjekte ist anzustreben. Die Störschatten werden dadurch länger. Außerdem werden sie, wenn sie nicht gerade im Zentralstrahl liegen, weiter nach seitwärts projiziert und geben so die Mitte des eingestellten Feldes besser frei.

2. Art und Weise der Ausführung

Auch die Art und Weise der Ausführung ist ausschlaggebend für den Erfolg einer tomographischen Untersuchung. Für das Gelingen einer exakten Einstellung ist es ratsam, sich schon vor der Untersuchung an Hand von Übersichtsaufnahmen einen Untersuchungsplan zurechtzulegen. Wichtig ist es ferner, daß während der Ausführung der Schnittserie die Objektlage unverändert bleibt. Um dies zu erreichen, ist schnelles Handeln notwendig. Durch Ermüdung werden die Patienten meistens zu kleinen Bewegungen veranlaßt. Gut geschulte Hilfskräfte und brauchbare Hilfsgeräte tragen zur schnellen Durchführung wesentlich bei. Vom letzteren nenne ich: Hilfstisch, Lichtblende, die auf den Zentralstrahl eingestellt ist, Serienkassette, Vorrichtung zur Durchleuchtung, verschiebbarer Winkelarm zur Kontrolle der Schnitthöhe und der Lage der Hilfspunkte.

Die darzustellende Schnittfläche soll man möglichst eng ausblenden, um die vermeidbare Streustrahlenwirkung auszuschalten. Als sehr zweckmäßig hat sich sowohl für die Ausblendung als auch für die Einstellung der Gebrauch einer Lichtblende erwiesen.

Man muß sich darüber klar sein, daß durch Ausblendung nichts anderes als die Herabsetzung der Streustrahlenwirkung erreicht werden kann. Benachbarte Schatten, die über das Darstellungsfeld hinwegstreichen, können selbst durch engste Ausblendung nicht weggeblendet werden. Diejenigen Schatten, die nie in den Strahlenkegel des darzustellenden Gebietes kommen, werden auch ohne Ausblendung immer außerhalb dieses Gebietes abgebildet. Und jene benachbarten Objekte, die bei der Einstellung von der Blende verdeckt waren, während des Pendelvorgangs aber unter einem bestimmten Winkel in den Strahlenkegel geraten, werden unvermeidlich einen Abschnitt des darzustellenden Feldes bestreichen.

Der Abstand der einzelnen Schnitte wird in der Regel zwischen 0,5 und 2 cm schwanken. Kleinere Abstände kommen in den Fehlerbereich (fehlerhafte Einstellung, kleine Lageveränderungen des Patienten, Nachgeben der Arretierung der Pendelachse, Durchbiegen des Tischbrettes usw.). Größere Schnittabstände erschweren die Möglichkeit, das gesuchte Gebilde zu treffen und die anatomischen Zusammenhänge der dargestellten Schichtbilder zu erfassen.

Zusammenfassung

Die rechnerischen Untersuchungen über die Dicke der Schicht des tomographischen Bildes gingen von der Voraussetzung aus, daß die Grenze der zulässigen Verschiebung des Objektes während der Belichtung 0,2 mm beträgt, damit die Bildkonturen dem Auge eben noch nicht unscharf erscheinen. Die entsprechende Bildverlagerung am Film wird auf 0,2 mm abgerundet und zum Ausgangspunkt für eine Formel zur Ermittlung der Schichtdicke gewählt. Die tomographisch dargestellte Schicht wird demnach definiert als die Schicht, welche alle jene Punkte enthält, deren Schattenbilder am Film während des Tomographierens die Verschiebungsgrenze von 0,2 mm nicht überschreiten. Das Ausmaß der Schichtdicke wird beeinflußt von der Größe des Pendelwinkels, des Abstandes Fokus-Drehachse und Drehachse-Film. Für die praktisch am Apparat anwendbaren Abstands- und Winkelgrößen findet man eine Schichtdicke, die ungefähr zwischen 0,5 und 1,5 mm liegt. Dabei hat die Änderung des Pendelwinkels den größeren Einfluß. Schnitte durch engmaschige Drahtgitter liefern Schichtdicken, die nur wenig größer sind als die rechnerisch ermittelten. Die

wirklich beurteilbare Schicht vergrößert sich, wenn man kleine Randunschärfen noch einbezieht. Für eine Randunschärfe von 1,5 mm ergibt sich dann eine beurteilbare Schichtdicke von 4—11 mm.

Auch für die Länge der Verwischungsschatten wird der Einfluß der Abstands- und Winkeländerungen untersucht und die Ergebnisse tabellarisch und kurvenmäßig aufgetragen. Neben dem Pendelwinkel spielt hier auch der Abstand des Objektes von der Schnittebene eine wichtige Rolle. Eine gesonderte Untersuchung erfährt die Aufspaltung der Störschatten in Einzelschatten durch die vom Wechselstrom verursachte diskontinuierliche Röhrenstrahlung. Mit dem gegenwärtig uns zur Verfügung stehenden Apparat und Filmmaterial haben wir die brauchbarsten Bilder erhalten, wenn Bedingungen eingehalten wurden, die für das Zustandekommen einer mittleren Schichtdicke erforderlich sind, wobei wir einen relativ großen Pendelwinkel und Abstand Fokus-Schnittebene sowie einen relativ kleinen Abstand Schnittebene-Film einstellen. Wir glauben, daß dieses Ergebnis im Zusammenhang steht mit den Beziehungen zwischen Schichtdicke-Verwischungsschatten-Kontrast und ziehen zur Erklärung die Großmannsche Kurve heran, welche die Beziehung zwischen Kontrast und geometrischem Verwischungsgrad darstellt. Daraus ergibt sich die wichtige Forderung, die Störschatten dichter Objekte nach Möglichkeit so ausgedehnt zu verwischen, daß der Kontrast zwischen ihnen und der Filmgrundschwärzung jenseits des anfänglichen steilen Kurvenabfalles zu liegen kommt. (Der geometrische Verwischungsgrad der Störschatten soll größer sein als 5 oder 6.) Aber auch ganz große Verwischungsgrade sind nicht vorteilhaft. Außerdem sind die Abstände so zu wählen, daß eine Kontrastverminderung infolge übermäßiger Bildvergrößerung vermieden wird. Anschließend wird auf die Verwendung der Tomographie in der Röntgenphotogrammetrie Bezug genommen. Ferner werden die gewonnenen Erkenntnisse über Schichtdicke und Verwischung auch in Beziehung auf Bildschärfe und Struktur ausgewertet. Zum Schluß der Arbeit wird die Technik der Schädelschnitte mit Erörterungen über die Nomenklatur der Schnittarten behandelt.

Schrifttum

Chaoul, Über die Tomographie und insbesondere ihre Anwendung in der Lungendiagnostik. Fschr. Röntgenstr. 51: 342. — Großmann, Tomographie I und II. Fschr. Röntgenstr. 51: 61, 191. — Hasselwander, Kurzer Bericht über die Arbeiten des Komitees für Röntgenphotogrammetrie und Nahbildmessung. 5. Internat. Kongreß 29. September bis 5. Oktober 1938, Rom. — Herz, R., Die photographischen Grundlagen des Röntgenbildes. — Kunz, Optische und technische Grundlagen der röntgenographischen Einzeldarstellung von Körperschichten. Fschr. Röntgenstr. 56: 229. — Luft, F., Das Scheinerrad in der Röntgendensitometrie. Fschr. Röntgenstrahlen 41: 609. — Di Rienzo und A. Boher, Betrachtungen über die Bildschärfe bei Schichtaufnahmen. Röntgenprax. 12, 1: 12. — Spiegler, G., Die Streustrahlung in ihrer Wirkung auf die Bildgebung, Fschr. Röntgenstr. 51: 498. — Wüst, Untersuchungen über den Wert des Röntgenverfahrens für die Diagnostik des Hals-, Nasen- und Ohrenarztes. Fschr. Röntgenstr. 59: 509. — Ziedses des Plantes, Planigraphie. Fschr. Röntgenstr. 47: 488.

Lebenslauf

Am 22. Februar 1909 wurde ich zu Pfaffenhofen a. d. Ilm, Oberbayern, als Sohn des Hans und der Euphrosine Pöschl geboren. An meinem Geburtsort blieb ich bis zum 11. Lebensjahr und besuchte dort 5 Volksschulklassen. Alsdann wurde ich an das Humanistische Gymnasium in Neuburg a. d. Donau geschickt. Dort machte ich die 9 Klassen durch und erlangte das Zeugnis der Reife mit dem 23. März 1929. Im Anschluß daran bezog ich die Universität, um Medizin zu studieren. Nach dem 11. Semester unterzog ich mich der ärztlichen Prüfung und beendete diese am 25. Januar 1935. Die Bestallung als Arzt erlangte ich am 1. Februar 1936. Hierauf wurde ich am Röntgeninstitut der Chirurgischen Universitätsklinik in München aufgenommen. Hier habe ich gegenwärtig die Stelle eines planmäßigen Assistenten inne. Meine Promotionsarbeit ist an diesem Institut entstanden. Zur Zeit befinde ich mich beim Heer als Unterarzt.

München, 3. März 1940

Maximilian Pöschl

Druck: Bibliographisches Institut AG. in Leipzig